

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**APLICAÇÃO DO ZONEAMENTO AMBIENTAL NO ESTUDO DA PAISAGEM:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

**Adriano Severo Figueiró**

**Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Área De Concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais**

**Florianópolis - SC, Julho de 1997**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**APLICAÇÃO DO ZONEAMENTO AMBIENTAL NO ESTUDO DA PAISAGEM:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

por

**Adriano Severo Figueiró**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Coordenadoria e Pós-graduação em Geografia

Coordenador: \_\_\_\_\_

Prof.<sup>a</sup> Sandra Maria de Arruda Furtado  
Sub-Coordenadora

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em Geografia, concentração em Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFSC, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.

Presidente: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe (UFSC)

Membro: \_\_\_\_\_

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sandra Furtado (UFSC)

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Roberto Cassol (UFSC)

**Florianópolis, 25 de julho de 1997**

“Apesar de tudo, à medida que avançamos para a terra desconhecida do amanhã, é melhor ter um mapa geral e incompleto, sujeito a revisões do que não ter mapa algum.” (TOFFLER apud MMA, 1995, p.1)

## AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe, pelos poucos mas promissores encontros.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos colegas do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria, por me permitirem os dois anos e meio de dedicação integral à este trabalho.

Especialmente ao colega e amigo Roberto Cassol, pela sua preocupação e presteza nos momentos de dúvida.

À prof<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Gerusa Maria Duarte pela competência administrativa demonstrada à frente da coordenação do curso de pós - graduação.

Ao Paulino, ao Joel e ao Henrique, pelo tempo que tão gentilmente dispensaram nos constantes “minutinhos” de explicação.

Aos meus colegas do mestrado, por me terem feito lembrar o real sentido da palavra saudade. À vocês, a certeza de que os momentos de convívio jamais serão esquecidos.

À minha mãe, pelas correções do texto e por compartilhar comigo as angústias pessoais e profissionais deste período.

Ao meu pai, pelos sonhos que não deixa morrer.

À alguém muito especial, cuja companhia constante me devolveu a paz e a alegria que vim procurar. À você, a promessa de que este é apenas o começo.



## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE MAPAS .....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	x
ÍNDICE DE FOTOS .....	xi
ÍNDICE DE QUADROS .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMO .....	xiv
RÉSUMÉ .....	xv
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 Os estudos ambientais no Brasil .....	20
1.2 O recorte espacial da pesquisa .....	21
1.3 A concepção teórico - metodológica .....	25
1.4 O papel do subjetivo na análise da paisagem .....	34
<b>CAPÍTULO 2 : O GEOSSISTEMA COMO MODELO TEÓRICO DA</b>	
<b>PAISAGEM .....</b>	<b>38</b>
2.1 A evolução do conceito de paisagem .....	40
2.1.1 Antecedentes históricos .....	40
2.1.2 Ciência e paisagem .....	46
2.1.3 A escola alemã e o resgate da idéia de totalidade .....	48
2.1.4 A paisagem na geografia .....	50
2.1.5 A evolução do conceito de paisagem na Alemanha : a	
KULTURLANDSCHAFT .....	53
2.1.6 Os princípios da paisagem na escola soviética .....	58

2.1.7 A proposta australiana : um indício de abordagem sistêmica da paisagem.....	60
2.2 A construção de um modelo integrado da paisagem : a proposta geossistêmica.....	61
2.2.1 O nascimento de uma proposta .....	62
2.2.2 Fundamentos básicos da teoria geossistêmica .....	64
2.2.3 A revolução geossistêmica .....	78
<b>CAPÍTULO 3 : A OCUPAÇÃO E A EVOLUÇÃO DA PAISAGEM NA SUB- BACIA DOS ARROIOS PICADINHO E PASSO DAS TROPAS .....</b>	<b>82</b>
3.1 Apresentação da área .....	82
3.2 A área da depressão central e o surgimento das bases do povoamento.....	88
3.3 A ocupação do rebordo do planalto e a consolidação do centro comercial .....	95
<b>CAPÍTULO 4 : A ESTRUTURA DA PAISAGEM .....</b>	<b>100</b>
4.1 O zoneamento ambiental.....	101
4.2 O zoneamento da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas .....	104
4.2.1 Entrada e armazenamento dos dados .....	110
4.2.2 Manipulação dos dados .....	135
4.2.3 Saída do produto final.....	153
<b>CAPÍTULO 5 : A DINÂMICA DA PAISAGEM.....</b>	<b>157</b>
5.1 A dinâmica do Geossistema Agrário .....	158
5.2 A dinâmica do Geossistema Urbano .....	177
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>188</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>204</b>

## LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1 - Etapas de desenvolvimento do método dialético na pesquisa.....	26
Figura 2 - Etapas de desenvolvimento do método dedutivo na pesquisa.....	28
Figura 3 - Os quatro níveis de abordagem da pesquisa.....	30
Figura 4 - Estruturação geral dos estudos.....	31
Figura 5 - Roteiro metodológico.....	32
Figura 6 - Os fatores formadores da paisagem segundo ZONNEVELT .....	57
Figura 7 - Representação esquemática do Complexo Territorial Natural e do ecossistema apresentada por BEROUTCHACHVILI e MATHIEU.....	59
Figura 8 - Esquema de representação do Geossistema.....	65
Figura 9 - Modelo geossistêmico apresentado por BOLÓS y CAPDEVILA...	66
Figura 10 - Representação do Geossistema proposta por BEROUTCHACHVILI.....	67
Figura 11 - Representação do Geossistema segundo PREOBRAZHENSKII	67
Figura 12 - Concepção geossistêmica adotada neste trabalho.....	68
Figura 13 - Esquema de diferenciação entre um Geossistema e um Ecossistema .....	80
Figura 14 - Modelo Numérico do Terreno da área de estudo com sobreposição de imagem de satélite .....	85
Figura 15 - Esboço geomorfológico da região de Santa Maria.....	86
Figura 16 - Temperatura média anual no estado do RS e sul de SC .....	87
Figura 17 - Diagrama simplificado de funcionamento de um SIG.....	105
Figura 18 - Representação de uma reta em uma estrutura vetorial e em uma	

estrutura raster .....	107
Figura 19 - Representação esquemática simplificada das etapas de um SIG	110
Figura 20 - Composição colorida (TM 3 - 5 - 4) da área de estudo .....	129
Figura 21 - Cruzamento de informações e a construção da base de dados no SIG.....	137
Figura 22 - Esquema das operações algébricas entre mapas possibilitadas pelo SIG.....	142
Figura 23 - Produto originado a partir do uso do comando "Crosstab".....	144
Figura 24 - Produto resultante da reclassificação do cruzamento 1 .....	147
Figura 25 - Produto resultante da reclassificação do cruzamento 2.....	149
Figura 26 - Produto resultante da reclassificação do cruzamento 3.....	150
Figura 27 - Produto resultante da reclassificação do cruzamento 4.....	152
Figura 28 - Pirâmide de vegetação de um lote selecionado da Floresta Decidua Submontana .....	169
Figura 29 - Pirâmide de vegetação de um lote selecionado da Floresta Decidua Aluvial.....	170
Figura 30 - Esboço experimental dos principais processos da dinâmica da paisagem .....	195

## LISTA DE MAPAS

	p.
Mapa 1 - Localização da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas no município de Santa Maria e no estado do RS .....	83
Mapa 2 - Rede hidrográfica da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas.....	84
Mapa 3 - Geologia da área de estudo .....	113
Mapa 4 - Formações superficiais e solos da área de estudo.....	116
Mapa 5 - Esboço geomorfológico da área de estudo .....	119
Mapa 6 - Distribuição das declividades na área de estudo .....	125
Mapa 7 - Classes de uso do solo identificadas a partir da imagem de satélite .....	136
Mapa 8 - Classes hipsométricas da área de estudo .....	141
Mapa 9 - Mapa final de Unidades Ambientais .....	155
Mapa 10 - Mapa de legislação ambiental referente à proteção de nascentes e matas-galeria.....	163
Mapa 11 - Proposta de espacialização do desmatamento de nascentes e matas-galeria.....	166
Mapa 12 - Mapa de capacidade de uso dos solos.....	174
Mapa 13 - Mapa de precipitação média anual na área de estudo.....	176

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>p.</b>
Gráfico 1 - Histograma de frequência da imagem de satélite utilizada.....	132
Gráfico 2 - Comparação do nível de reflectância entre os polígonos de treinamento utilizados.....	133
Gráfico 3 - Comparação do uso do solo na sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas, entre 1964 e 1995.....	160
Gráfico 4 - Diagrama climático da região de Santa Maria para o período de 1987 a 1996.....	175
Gráfico 5 - Distribuição da precipitação ao longo do ano na região de Santa Maria em três períodos selecionados.....	177
Gráfico 6 -População atingida (em %) por alagamentos e desmoronamentos na várzea do Cadena .....	183
Gráfico 7 - Destinação do esgoto doméstico e sanitário da população ribeirinha.....	183
Gráfico 8 - Proliferação de vetores de contaminação ao longo do arroio Cadena .....	184
Gráfico 9 - Distribuição da População Economicamente Ativa em 1980, por setor de atividade, no município de Santa Maria - RS .....	187

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

	p.
Foto 1 - Visão parcial da área de Floresta Submontana selecionada para a elaboração da pirâmide de vegetação .....	167
Foto 2 - Visão parcial da área de Floresta Aluvial selecionada para a elaboração da pirâmide de vegetação .....	168
Foto 3 - Início da canalização do arroio Cadena na vila Salgado Filho .....	180
Foto 4 - Área de deposição de lixo e saída de esgoto, próxima à Avenida Borges de Medeiros.....	181
Foto 5 - Ocupação irregular das margens do arroio, com aspectos de desmoronamento .....	182

## LISTA DE QUADROS

p.

Quadro 1 - Evolução da área cultivada com arroz (em ha) nos municípios da bacia do rio Vacacaí entre os anos de 1960, 1987, 1989 e 1990 ....	94
Quadro 2 - Área ocupada por cada categoria estratigráfica .....	114
Quadro 3 - Área ocupada pelas categorias de solos .....	117
Quadro 4 - Área ocupada pelas unidades morfoesculturais .....	120
Quadro 5 - Classificação do relevo quanto à dimensão das formas .....	121
Quadro 6 - Área ocupada pelas classes de declividade .....	126
Quadro 7 - Características das bandas 3,4 e 5 do sensor TM do LANDSAT	127
Quadro 8 - Área ocupada pelas classes de uso do solo .....	135
Quadro 9 - Área ocupada pelas classes hipsométricas .....	139
Quadro 10 - Área ocupada pelas Unidades Ambientais .....	154
Quadro 11 - Evolução das classes de uso do solo entre 1964 e 1995 .....	159
Quadro 12 - Área ocupada pelas classes do mapa de legislação ambiental	164
Quadro 13 - Síntese das principais características das Unidades Ambientais identificadas .....	193



## LISTA DE ANEXOS

p.

Anexo 1 - Carta topográfica da região da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas .....	221
Anexo 2 - Rede hidrográfica da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas.....	223
Anexo 3 - Mapa geológico da área de estudo .....	224
Anexo 4 - Mapa de formações superficiais e solos da área de estudo.....	225
Anexo 5 - Mapa geomorfológico da área de estudo .....	226
Anexo 6 - Mapa de uso do solo da área de estudo .....	227
Anexo 7 - Ordem de cruzamento dos mapas temáticos e relação dos atributos.....	228
Anexo 8 - Relação das classes originadas nos cruzamentos.....	230
Anexo 9 - Descrição da reclassificação do cruzamento 1 .....	232
Anexo 10 - Descrição da reclassificação do cruzamento 2 .....	234
Anexo 11 - Descrição da reclassificação do cruzamento 3 .....	236
Anexo 12 - Descrição da reclassificação do cruzamento 4 .....	238
Anexo 13 - Mapa final de Unidades Ambientais .....	240
Anexo 14 - Mapa de Unidades Ambientais, em lâmina, para sobreposição..	241
Anexo 15 - Descrição da metodologia de elaboração das pirâmides de vegetação .....	242
Anexo 16 - Ficha biogeográfica do lote 1 .....	245
Anexo 17 - Ficha biogeográfica do lote 2 .....	246

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo promover uma análise da estrutura e funcionamento da paisagem da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas (Santa Maria - RS) por meio de uma proposta de zoneamento ambiental. A sub-bacia possui uma área de 256,53 Km<sup>2</sup> e as análises foram feitas na escala de 1:50000. A pesquisa foi desenvolvida tendo como referencial teórico a análise sistêmica (conforme a proposta geossistêmica apresentada por BERTRAND, 1972) e como instrumental metodológico a utilização do Sensoriamento Remoto e do Geoprocessamento. Inicialmente, através do programa Microstation (CAD), foram digitalizados quatro mapas temáticos principais : geologia, geomorfologia, solos e uso do solo. Os três primeiros compreendem adaptações de material já publicado, enquanto que o mapa de uso do solo foi produzido a partir da interpretação visual de uma composição colorida dos canais TM3, TM5 e TM4, na escala de 1:100000, de outubro de 1995. Juntamente com os mapas básicos, foram introduzidas no programa IDRISI (SIG)- versão 2.0 - as curvas de nível, digitalizadas de 20 em 20 metros, a fim de produzir um mapa de declividades. A partir destes mapas foram feitos cinco cruzamentos através do comando "crosstab" do IDRISI, onde os mapas básicos foram combinados de dois a dois, segundo uma ordem pré-estabelecida. Os produtos destes cruzamentos foram reclassificados, gerando como resultado a identificação de duas grandes Unidades Ambientais, subdivididas, por sua vez, em sete outras Sub-unidades (Geossistema Agrário, com as Geofácies Agrárias das Áreas Aluviais, das Áreas Bem Drenadas, das Áreas Mal Drenadas, de Transição e dos Patamares Escarpados; e Geossistema Urbano, com as Geofácies Urbanas de Morros-testemunho e Consolidada). Após identificadas as Unidades Ambientais, se partiu para uma análise da dinâmica da paisagem, o que resultou em uma proposta experimental de modelização dos principais processos atuantes na área de estudo, tendo como princípios básicos a simplificação e a generalização dos processos.

## RESUMÉ

L'objectif de cette étude est faire une analyse de la structure e du fonctionnement du paysage du sous bassin versant des ruisseaux Picadinho et Passo das Tropas (Santa Maria - RS) à l'aide d'une proposition de zonage de l'environnement. Le sous bassin a une surface de 256,53 km<sup>2</sup> et les analyses ont été faites à l'échelle du 1:50.000. La recherche a été développée d'après la théorie de l'analyse systémique (selon la proposition de geosystèmes présentée par BERTRAND, 1972) et a comme instrumental méthodologique l'utilisation de la télédétection et d'un Système d'Information Géographique (SIG). D'abord, avec le software Microstation (CAD), quatre cartes thématiques principaux ont été digitalisés: carte géologique, carte géomorphologique, carte pédologique e carte d'occupation du sol. Les trois premières cartes étaient adaptées de matériaux déjà publiés, et la carte d'occupation du sol a été produite d'après l'interprétation visuelle d'une composition colorée des bandes TM3, TM5 e TM4 à l'échelle 1:100.000. Avec les cartes basiques, les courbes de niveaux digitalisées de 20 en 20 mètres ont été introduites dans le software IDRISI (SIG)- version 2.0 - afin de produire une carte de déclivité. Avec les cartes, cinq croisements ont été faites avec les commandes CROSSTAB de l'IDRISI, où les cartes ont été combinées deux a deux, selon une ordre on été etablir. Le résultat a montré deux grandes unités environnementales subdivisé en sept outres sub-unités (Géosystème Agraire, avec les Géofacies Agraire de Zones Alluviales, des Zones Bien Drainées, des Zones Mal Drainées, de Transition e de l'Escarpement; e Géosystème Urbain, avec les Géofacies Urbain Consolidée e du Mont Témoin). Après l'identification des unités environnementales, une analyse de la dynamique du paysage a été faite, ce qui a résulté dans une proposition expérimentale de modélisation des principaux processus qui agissent sur la zone d'étude, basée sur la simplification et la généralisation des processus.

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO<sup>1</sup>

"Se queres ser universal, fala da tua aldeia."<sup>2</sup>

O presente trabalho visa a apresentar uma proposta metodológica de estudo da paisagem através do zoneamento ambiental para a sub-bacia hidrográfica dos arroios Picadinho e Passo das Tropas, ambos situados no município de Santa Maria - RS.

A Revolução Industrial deu início a uma nova fase na história da humanidade e, conseqüentemente, na história das relações do homem com a natureza. A maquinofatura impõe um novo ritmo à sociedade : transformam-se as relações e os padrões de comportamento; a felicidade representa o objetivo a ser alcançado e a ciência, valorizada, é a chave para um desenvolvimento ilimitado.

O paradigma desenvolvimentista representa o marco sobre o qual se fundam as novas relações de produção da sociedade moderna. A natureza é transformada em capital e os recursos naturais são explorados segundo os padrões de lucratividade ditados pelo capitalismo. Neste contexto, o crescimento econômico e a reprodução das relações de produção refletem um aumento geométrico da deterioração da qualidade de vida.

O século XX vem encontrar este modelo desenvolvimentista em ritmo acelerado. A intensificação do processo produtivo promovida pelo fordismo traz à tona os primeiros sinais de uma provável crise ambiental, especialmente nos países precursores deste modelo econômico. A crise é protelada com uma reorganização da divisão internacional do trabalho, agora sob bases financeiro-industriais, onde os países centrais passam a "exportar" para a periferia os problemas decorrentes da exploração desenfreada dos recursos naturais.

---

<sup>1</sup> Uma advertência preliminar : a estrutura de uma dissertação requer que os elementos sejam apresentados de uma forma bem mais linear do que gostaríamos. Apesar disso, fazemos um esforço para inserir, ao longo do trabalho, um intertexto no "território da página" (GONÇALVES, 1996). As notas de rodapé que "gravitam" ao longo da leitura, representam uma tentativa de ampliar o limite do debate sem afetar a integridade do texto. É a dialética da palavra, que se confronta e que supera, avançando e recuando na medida da necessidade.

<sup>2</sup> provérbio popular

Os anos sessenta vêem a crise ambiental instalar-se definitivamente nos países do Terceiro Mundo, enquanto a Europa fazia pesados investimentos no desenvolvimento de tecnologias para recuperação das suas áreas degradadas. A situação se torna ainda mais grave quando se percebe que esta crise ambiental, no Terceiro Mundo, provém não só da exploração industrial dos recursos naturais como também do sistema de exclusão social promovido pelo modelo capitalista<sup>3</sup>.

O principal símbolo da mobilização em torno da questão ambiental, naquele momento, é representado pela *Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Humano*, realizada em Estocolmo, de 5 a 16 de janeiro de 1972<sup>4</sup>. É a partir dos debates promovidos nesta Conferência que nasce um documento ( "Proclamações da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Humano - Estocolmo - junho de 1972) destinado a divulgar os princípios de uma exploração mais racional dos recursos naturais face às limitações do crescimento econômico e populacional dos países. A crise ambiental é expressa oficialmente como um problema global e a escassez dos recursos naturais é aceita como uma possibilidade concreta.

Diante desta situação, dois elementos ganham forma no interior do sistema: o surgimento das bases da proposta do "desenvolvimento sustentável"<sup>5</sup> e a valorização dos estudos ambientais no contexto da ciência.

---

<sup>3</sup> Tal como se refere GAMA (1997, p.07), "o que se verifica na verdade é a falência do projeto iluminista de progresso que não consegue envolver a todos".

<sup>4</sup> Segundo LAGO (1991), duas conferências anteriores marcam o início de um período de preocupação e mobilização em torno da questão ambiental : a *Conferência de Princeton*, realizada em 1955, sobre "O papel do homem na transformação da face da Terra" e um debate promovido pela UNESCO, em 1968, intitulado *Conferência Internacional de Peritos sobre as Bases Científicas da Utilização Racional e da Conservação dos Recursos da Biosfera*.

<sup>5</sup> Segundo SACHS (1994) o uso do termo "desenvolvimento sustentável" é derivado da idéia de "ecodesenvolvimento", surgida a partir da Conferência de Estocolmo.

Este trabalho não tem por objetivo desenvolver uma discussão mais aprofundada acerca da proposta de Desenvolvimento Sustentável; porém, parece-nos bastante claro o fato de ser esta uma proposta destinada a proporcionar uma "sobrevida" ao modelo de exploração econômica que está colocado. Não se questiona, com essa proposta, a essência do processo, mas o seu ritmo. São criados mecanismos que têm por finalidade protelar a "colisão", através de uma redução das taxas de exploração dos recursos. SERRES (1991) compara tal situação a de um capitão de navio que, na iminência de chocar-se com os rochedos, ordena uma redução da velocidade, mas não uma mudança de rota. Apesar disso, ainda são poucas as vozes que se levantam contra tais idéias e, infelizmente, a Universidade, enquanto massa crítica continua a ser uma das principais responsáveis pela omissão no combate ao modelo vigente. Desabafa SANTOS (1992, p.99) : "bradamos contra certos efeitos da exploração selvagem da Natureza. Mas não falamos bastante da relação tecnicamente fundada, as forças mundiais que insistem em manter o mesmo modelo de vida."

Em um primeiro momento o debate ambiental foi direcionado fundamentalmente para a “correção” dos problemas gerados pelo crescimento econômico. Os diagnósticos dos “impactos” gerados pela sociedade passam a ser o carro-chefe das ciências ambientais, promovendo a notoriedade de pesquisadores e um refinamento cada vez maior das técnicas e procedimentos metodológicos<sup>6</sup>. Apoiada pela mídia<sup>7</sup> e distorcida pela ignorância da maior parte dos segmentos da sociedade, a temática ambiental adquiriu um importante status no contexto das ciências aplicadas. A euforia de desvendar as mazelas ambientais de uma sociedade, cujo resíduo da desigualdade é, entre outros, uma profunda “crise ecológica”<sup>8</sup>, não permitiu aos cientistas, neste primeiro momento, enxergar além das soluções técnicas de recuperação.

Apesar de tudo, alguns membros da comunidade científica continuaram a perseguir um amadurecimento da crítica de tal maneira que, em meados da década de oitenta, o discurso ambiental já apresentava um corpo conceitual estruturado, visando desvelar a suposta eficácia do modelo desenvolvimentista proposto pelo sistema capitalista. Tal como comenta MACEDO (1994) :

O homem possui hoje diversos motivos para ‘deslinearizar’ o seu pensamento com relação ao permanente crescimento econômico e tecnológico, tido como agente incontestável de melhoria da qualidade de vida. Parece estar evidente de que a contínua evolução desses fatores de apropriação e acumulação de riquezas em um ambiente finito só pode assegurar um desastre. Parece estar claro, também, que há motivos bastante fortes para que as organizações públicas e privadas, não permaneçam confundindo

<sup>6</sup> TAUKE-TORNISIELO et al (1995) denominam este período de a 1ª Onda em Ecologia ( o período do “não faça”, “não mexa”, “não toque”). A 2ª Onda, segundo os autores, refere-se a um período posterior, onde ocorre um casamento entre mídia e ecologia, permitindo um surgimento do chamado “marketing ecológico”, com a conseqüente sensibilização (embora muitas vezes exagerada e/ou distorcida) da sociedade. Por fim, uma 3ª Onda é atribuída à fase atual, onde a modernização tecnológica das indústrias, enquanto reflexo das adaptações do Sistema aos “novos tempos”, traz como consequência um ganho para o ambiente (neste caso, como salientam os autores, a proteção ao ambiente entra como um sub-produto da racionalização dos custos).

<sup>7</sup> O papel da comunicação na legitimação deste modelo de ciência é uma outra questão que não temos a pretensão de aprofundar; mas, por outro lado, não podemos deixar de considerá-la. SANTOS (1992) comenta que no tocante a questão ambiental, “ (...) a força das imagens ameaça aposentar prematuramente os conceitos” (p.95). A velocidade da comunicação de massa dificulta o uso da reflexão em favor da imagem e das interpretações pré-concebidas. Ainda é SANTOS (1992) que comenta : “Já que ‘o conceito é absorvido pela palavra’, espera-se da palavra que apenas responda à reação publicizada e estandardizada. A palavra torna-se um clichê e, como clichê, governa o discurso ou o texto; a comunicação, desse modo, afasta o desenvolvimento genuíno da significação (p.101)”.

<sup>8</sup> Obviamente, não se poderia esperar que o fruto de uma desigualdade social fosse uma relação harmoniosa da sociedade com a natureza.

melhoria da qualidade de vida de uma sociedade com aumento do padrão de vida de alguns de seus segmentos. Ao que tudo indica, esse equívoco, em maior ou menor espaço de tempo, conduzirá a situações sócio-econômicas ingovernáveis, porquanto ilegítimas e desumanas. (p.10)

O enfrentamento de tal situação só pode ser feito a partir da construção de uma nova (cons)ciência que envolva, em primeiro lugar, uma desleitura da interpretação dominante dos processos ambientais e, em segundo lugar, uma reescrita destes processos a partir do estabelecimento de novos pressupostos<sup>9</sup>.

Tal linha de conduta traz consigo a necessidade de uma profunda transformação epistemológica da própria ciência, a qual precede às alterações metodológicas. Face à complexidade da natureza dos estudos ambientais, a ciência, até então setorizada e com desenvolvimento paralelo entre os seus setores, é chamada a conversar em conjunto. As respostas passam a não depender mais unicamente da capacidade individual de cada pesquisador em levantar dados cada vez mais precisos e com aparelhagem cada vez mais sofisticada, mas sim, do nível de integração do conhecimento que os pesquisadores possam gerar a partir de uma troca mútua. Dessa forma, é vital que os estudos ambientais sofram um redirecionamento a fim de que as suas partes possam se comunicar entre si; só assim passa a ser possível a compreensão da dinâmica da natureza e da sociedade tal como ela ocorre no tempo e no espaço.

O desencadeamento desse processo acarreta importantes transformações : o rígido limite entre ciência e não-ciência passa a se tornar cada vez mais fluido; a divisão entre as ciências do homem e as ciências da natureza começa a perder a nitidez revelada até então e, por fim, os avanços conseguidos pela interdisciplinaridade já são colocados por alguns autores como sendo apenas uma etapa em direção àquilo que estes colocam como a transdisciplinaridade.

---

<sup>9</sup> Uma reinterpretação da relação sociedade-natureza passa, necessariamente, por uma redefinição da ética que embasa tal entendimento. Esta "nova ciência" (ou seria ciência renovada?) deve se balizar por aquilo que LEIS (1996) chama de "ética ecológica". Nas palavras do próprio autor, tal postura permitiria "(...) compreender a superioridade evolutiva da cooperação e complementação em relação à oposição e o conflito" (p.64). Em outras palavras, a reorientação do subjetivismo que envolve a construção de um modelo teórico deve ocorrer na direção do entendimento da complexidade ( e não na tentativa da simplificação e do particularismo) dos elementos envolvidos nos processos ambientais.

Cabe, no entanto, ressaltar dois importantes aspectos : a aproximação entre as ditas ciências do homem e as ciências da natureza não corresponde necessariamente ( como afirmam alguns autores ) a uma revitalização de tendências neopositivistas. A busca do entendimento das relações que se processam entre a sociedade e a natureza não significa, de forma alguma, uma tentativa de unificação dos seus pressupostos ontológicos, que são, por certo, diferenciados.

Em segundo lugar, deve-se dizer que o aporte metodológico, que dá o balizamento a este trabalho, só permite entender a questão da interdisciplinaridade como fruto de um processo de amadurecimento ante a necessária anterioridade do desenvolvimento disciplinar. Qualquer tentativa em contrário acabaria por gerar um empobrecimento significativo das análises disciplinares, acarretando em um esvaziamento da própria perspectiva interdisciplinar. Dessa forma, o ideal a ser buscado refere-se ao "(...) interdisciplinar alimentando-se do disciplinar" (MORAES, 1994:50).

### **1.1 - Os estudos ambientais no Brasil**

As primeiras preocupações ambientais surgiram no Brasil a partir da década de trinta. O processo de industrialização promovido pelo Estado Novo teve como consequência imediata um acelerado crescimento urbano ao longo dos principais eixos econômicos do país. É dentro desse quadro que surgem as primeiras iniciativas de gestão ambiental por parte do poder público, inicialmente voltadas para o controle do saneamento urbano e para a criação de Parques e Reservas Nacionais.

A partir da década de sessenta, a problemática ambiental, no Brasil, deixa de ser do interesse exclusivo do Estado e passa a ser discutida também por diferentes segmentos da sociedade. O crescimento industrial, o aumento desordenado das áreas urbanas, a modernização da agricultura e as disputas internacionais acerca da preservação da Amazônia trazem a discussão para o cenário nacional, envolvendo toda a comunidade, de maneira mais ampla. Nesse contexto, começa a ser estruturada, dentro da Universidade brasileira, uma linha de pesquisa voltada para a identificação, análise e controle dos problemas ambientais em seus mais diversos aspectos.



Em meio à proliferação de estudos ambientais mais ou menos setorializados, ganha força, no âmbito da Geografia, o estudo da estrutura e da dinâmica da paisagem como proposta de entendimento da complexidade dos processos que se desencadeiam no espaço. No seio deste conceito, repousa uma gama de categorias que permitem compreender o processo de produção e transformação desse espaço. Conforme BERTRAND (1972-a),

a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. (p.02)

A partir das décadas de 80 e, especialmente, de 90, o crescimento e a difusão das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento promoveram um novo aporte instrumental para o estudo da paisagem, permitindo aliar à análise teórica a manipulação de uma maior quantidade de variáveis, além de uma expressiva redução no tempo de trabalho e uma possibilidade de monitoramento da paisagem em intervalos menores. Associado a isso, a redução do custo e a melhoria da qualidade dos equipamentos fizeram surgir uma quantidade expressiva de laboratórios, espalhados pelo Brasil inteiro, congregando um número cada vez maior de técnicos e pesquisadores.

## **1.2 - O recorte espacial da pesquisa**

A utilização de bacias hidrográficas, como unidade de estudo, vem assumindo, desde a década de 80<sup>10</sup>, a preferência dos pesquisadores como via metodológica para os estudos de análise ambiental, devido à possibilidade de se estabelecer uma integração entre as características ambientais e as diversidades sócio-econômicas (BORDALO, 1995). Ou ainda, como diz LANNA (1994):

---

<sup>10</sup> Através do Decreto nº 94.076, de 5 de março de 1987, o Governo Federal institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, o que reforça ainda mais estudos desta natureza.

A complexidade de considerar (...) um espaço geográfico demasiadamente amplo (...) determina a busca de uma delimitação geográfica mais restrita que contenha a maioria das relações causa-efeito, sem se tomar de complexa operacionalidade. Existe a tendência de adotar a bacia hidrográfica como a unidade ideal de planejamento e intervenção devido ao papel integrador dos recursos hídricos, nos aspectos físico, bioquímico e sócio-econômico. (p.05)

O estudo de bacias hidrográficas<sup>11</sup> passa, dessa maneira, a constituir objeto de estudo para diferentes profissionais de diversas áreas pois, como salienta ROSA (1995) :

Uma bacia hidrográfica constitui um espaço ambiental delimitado por linhas divisoras de água que dirigem seus fluxos a uma rede de drenagem tributária natural a uma desembocadura única e identificável. Representa o resultado de um trabalho integrado da ação antrópica e de eventos do meio físico, constituindo-se em uma unidade geográfica ideal para o planejamento e manejo integrado dos recursos naturais no ecossistema por ela envolvido. (p.21)

Além disso, deve-se ter em conta que, em primeiro lugar, a distribuição dos elementos naturais acompanha a estrutura da bacia e, em segundo lugar, todos os processos naturais ocorrem hierarquizados, de montante para jusante, o que torna o agrupamento espacial dos elementos e das relações mais facilmente realizável. Segundo CARDOSO DA SILVA et al (In : IBGE, 1994), "as bacias hidrográficas representam sistemas abertos onde esses fluxos realizam-se e, por isso, onde melhor se percebe a dinâmica dos elementos que compõem os ambientes e suas tendências de modificações" ( p.31) .

A área escolhida como unidade espacial de referência para a realização do presente estudo é a sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas<sup>12</sup>, situada no município de Santa Maria - RS.

---

<sup>11</sup> Segundo ROCHA (1991), as bacias hidrográficas podem ser divididas em microbacias ( < 200 Km<sup>2</sup>), sub-bacias ( 200 a 3000 Km<sup>2</sup>) e bacias propriamente ditas ( acima de 3000 Km<sup>2</sup>). Apesar de a maior parte dos autores utilizar indistintamente tal nomenclatura, nós a consideramos útil, pelo fato de expressar, no seu uso, a "intencionalidade" da escala adotada para o estudo, já que a escala de trabalho está diretamente associada a dimensão da área escolhida e ao nível de generalização que se pretenda adotar. "A simplicidade matemática da escala como medida de representação gráfica esconde a enorme complexidade do termo quando se trata de recortar a realidade espacial. Este recorte supõe, consciente ou inconscientemente, uma concepção que informa uma percepção do espaço total e do 'fragmento' escolhido. Em outras palavras, a utilização de uma escala exprime uma intenção deliberada do sujeito de observar seu objeto." (CASTRO, 1996, p.02)

A escolha da área se deu em função dos seguintes critérios :

- a área assume uma certa prioridade de estudos por parte dos pesquisadores da Universidade Federal de Santa Maria envolvidos com a questão ambiental, devido ao comprometimento da qualidade de vida gerado pela deterioração ambiental decorrente do processo de ocupação antrópica, principalmente na microbacia do Arroio Cadena; segundo reportagem do jornal A RAZÃO :

O arroio Cadena, em seus 16 quilômetros de extensão e recebendo como afluentes todas as sangas em vários pontos da cidade é por consequência a via de escoamento do esgoto sanitário, além de servir em muitas partes como depósito de lixo, é um antigo problema de ordem social e de saúde pública. (...) Para os ecologistas, o arroio, (...) é o principal problema de Santa Maria. (1990, p.25)

Em outra reportagem, ORTIZ (1995) comenta que em alguns casos, "o acúmulo de lixo serve para evitar desmoronamentos, o que destruiria 'casas'"(p.9).

Os depósitos de lixo, as enchentes freqüentes e a falta de saneamento básico são os principais problemas a que está submetida a população moradora neste local.

- existência de material de base para o zoneamento, já produzido e em escala compatível com a necessidade do estudo. Pode-se citar : mapeamento geológico (1:50.000) abrangendo a maior parte da sub-bacia; mapeamento de solos e unidades superficiais (1:50.000) abrangendo a maior parte da sub-bacia; mapas de uso do solo (1:50.000) dos anos de 1964, 1975 e 1986/87; imagem de satélite (LANDSAT-TM, 1:100.000, 1995) nas bandas 3, 4 e 5; fotografias aéreas (1975 e 1993) respectivamente nas escalas de 1:110.000 e 1:10.000;

- a presença de uma realidade bastante diversificada no seu interior, o que tornou mais rica a perspectiva de um zoneamento. Dessa maneira, pode-se evidenciar, na sub-bacia em questão, áreas com graus diferenciados de degradação; áreas urbanizadas e áreas rurais; áreas de relevo plano e áreas de relevo montanhoso; áreas de vegetação

---

<sup>12</sup> BRUCKER (1989) denominou esta mesma área de "Sub-bacia dos arroios Cadena e Passo das Tropas". No entanto, segundo o sistema de hierarquia fluvial introduzido por STRAHLER (apud CHRISTOFOLETTI, 1980), o rio principal de uma bacia hidrográfica corresponde ao de maior ordem no momento da confluência. Considerando que na confluência do Arroio Cadena com o Arroio Picadinho, o primeiro assume uma grandeza de 4° ordem enquanto o segundo assume uma grandeza de 5° ordem, entendeu-se como mais correto utilizar o Arroio Picadinho como o rio principal.

herbácea, arbustiva e arbórea; diferentes substratos geológicos e pedológicos, além de um uso do solo diferenciado, no tempo e no espaço.

Os arroios Picadinho e Passo das Tropas foram incluídos em uma mesma sub-bacia em função das características topográficas encontradas na região próxima ao Arroio Arenal, onde os leitos dos mesmos estão mais próximos. Pelo aspecto de planície encontrado nesta região, em épocas de chuvas fortes os dois arroios unificam os leitos, sendo impossível observar-se uma separação entre as duas microbacias, tal como já havia sido assinalado por BRUCKER (1989). Tal situação concorre também para que os fluxos de matéria e energia das duas microbacias sejam bastante semelhantes nesta área, bem como a forma e a intensidade do uso do solo.

Face ao que foi exposto até aqui, o objetivo principal do presente estudo é :

*- apresentar uma proposta metodológica de estudo da paisagem por meio do zoneamento ambiental para a sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas.*

Dentro deste objetivo principal, pretende-se como objetivos específicos :

*- testar a aplicação do conceito de geossistema para a realidade da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas;*

*- delimitar espaços ambientais homogêneos no interior da sub-bacia em questão, seja do ponto de vista da estrutura, seja dos processos;*

*- identificar as formas de uso e as relações (naturais e de apropriação do espaço) que se processam dentro de cada uma das Unidades Ambientais delimitadas;*

*- contribuir para o aprofundamento teórico-metodológico do uso das técnicas de sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas como instrumentos ao processo de zoneamento ambiental;*

*- testar a aplicabilidade de algumas simulações de variáveis ambientais para o estudo da paisagem;*

*- lançar alguns elementos que possam contribuir para a identificação das formas mais adequadas de utilização para cada uma das Unidades Ambientais identificadas.*

### **1.3 - A concepção teórico - metodológica**

Inicialmente, é importante que se tenha a clareza necessária para o discernimento dos diferentes elementos da pesquisa. Para tanto, é de vital importância a distinção entre o método e as técnicas de pesquisa. Para CERVO e BERVIAN (1983), o método

(...) é a ordem que se deve impor aos diferentes processos necessários para atingir um fim dado ou um resultado desejado. Nas ciências, entende-se por método o conjunto de processos que o espírito humano deve empregar na investigação e demonstração da verdade. (p.23)<sup>13</sup>

Para MORAES (1994, p.67) , o método científico é entendido “ (...) não como instrumental técnico de pesquisa mas como armação lógico-teórica da análise e reflexão.”<sup>14</sup>

Ainda neste sentido, SILVA e SILVA (1988, p.13) comentam que o método se constitui de “(...) conhecimentos suficientemente abrangentes que se tornam comuns a todas as ciências”. Em sequência, os autores reconhecem a existência de três grandes métodos, a saber : método indutivo, dedutivo e dialético.

Uma rápida análise na proposta aqui apresentada permite evidenciar a impossibilidade de utilização de um único método de pesquisa, face a heterogeneidade dos diferentes níveis de abordagem que se está propondo no roteiro metodológico . Desta forma, o materialismo histórico e dialético deverá oferecer o balizamento necessário para a análise das relações sócio-econômicas subjacentes à pesquisa, pois, como salientam SILVA e SILVA (1988, p.19), “isto possibilita a análise das mudanças quantitativas e qualitativas na busca da identificação da essência e do direcionamento das transformações .” Tal método preocupa-se em buscar a explicação dos fenômenos sociais

<sup>13</sup> A “verdade”, neste caso, entendida segundo o contexto de quem observa e do que é observado, e não a verdade cartesiana que nega a essência dos objetos e a intencionalidade dos sujeitos.

<sup>14</sup> Esta concepção é, seguramente, a que mais se aproxima daquilo que entendemos como “método de pesquisa”, já que enfoca especialmente o caráter estrutural do conceito.

a partir da identificação das suas contradições no espaço ( figura 1 ), ou seja, como consequência de um processo mais amplo de produção desse espaço, processo este desencadeado pelo modo de produção desenvolvido pela sociedade que se apropriou e transformou a

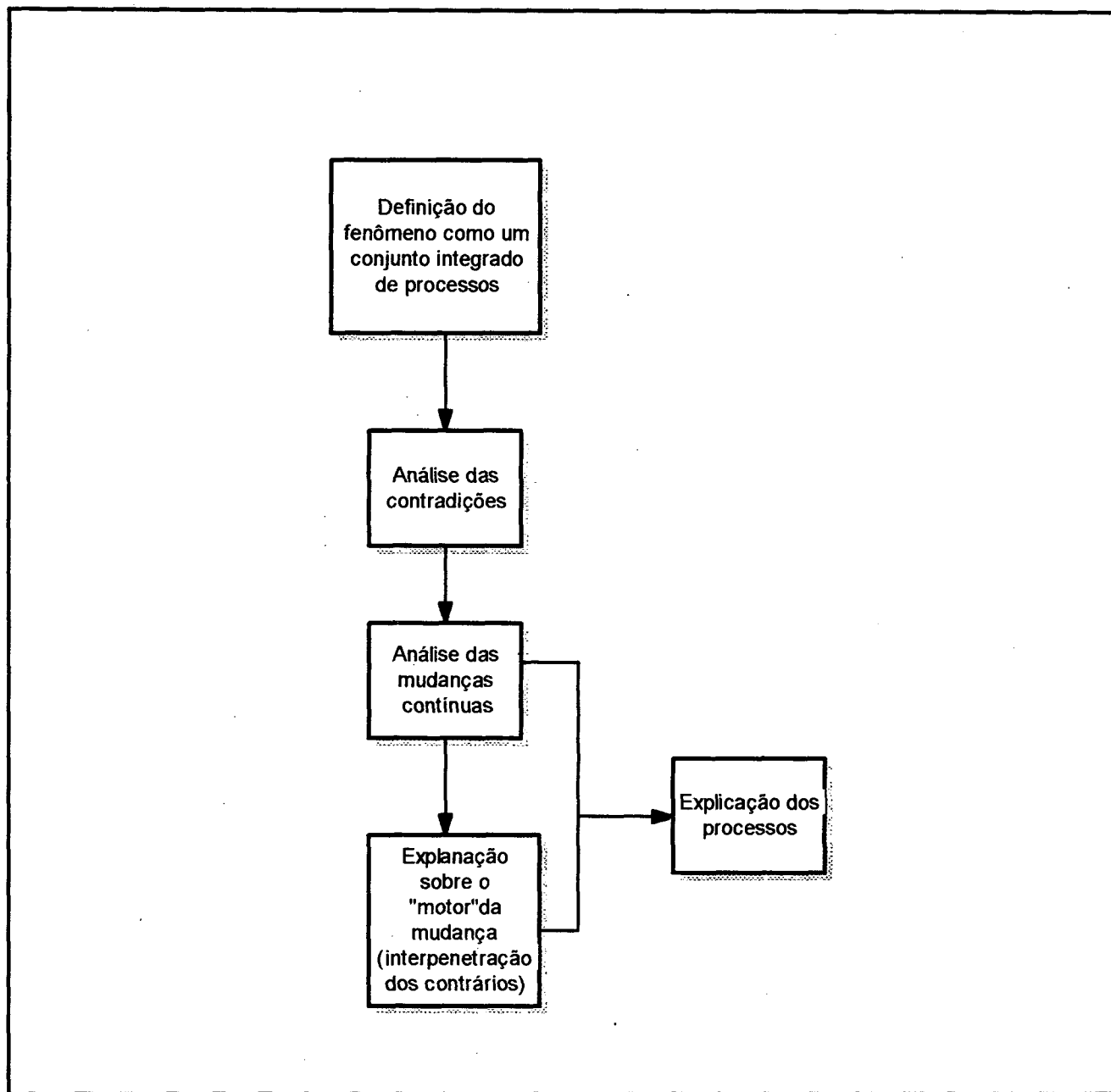


Figura 1 - Etapas de desenvolvimento do método dialético na pesquisa

Fonte : adaptado de SILVA, B.C.N. e SILVA, S.B.M ( 1988, p. 18 )

paisagem ao longo de um tempo histórico. Nas palavras de ROSS et al (1995) :

“O processo de produção da realidade manifesta-se de forma diferenciada em um dado território segundo as relações sociais que instituem a sociedade, articuladas a uma determinada divisão social do trabalho. Neste sentido, os estudos sócio-econômicos devem captar esses fenômenos, caracterizá-los segundo a sua forma aparente e explicá-los segundo as suas causas”. (p.30)

Já a aplicação do conceito de geossistemas, bem como a utilização do geoprocessamento na definição das “Unidades de paisagem”, se estrutura melhor com a utilização de um método dedutivo, ou seja, se parte de um referencial teórico já existente, tentando aplicá-lo à realidade da área de estudo (figura 2). No caso da presente pesquisa, o referencial teórico utilizado refere-se ao emprego do conceito geossistêmico e à utilização do geoprocessamento nos estudos de análise e planejamento ambiental.

Quanto às técnicas de pesquisa, elas correspondem ao instrumental necessário à operacionalização do método. Para o trabalho em questão, o instrumental técnico utilizado refere-se à pesquisa bibliográfica, trabalhos de campo, análises teóricas, técnicas de mapeamento temático, além de procedimentos ligados à rotina específica do software de geoprocessamento.

No entanto, como afirmam XAVIER-DA-SILVA e CARVALHO FILHO (1995, p.344), o geoprocessamento “(...) não deve ser entendido apenas como uma técnica de produção de mapas temáticos (...). Deve também ser entendido como base metodológica para uma análise ambiental.”

Tal sutileza nos leva ao entendimento de que, embora a metodologia represente a garantia de uma “linha de conduta” para o trabalho, ela não assegura um bom desenvolvimento da pesquisa se não buscar uma verdadeira interação com o referencial técnico. Da mesma maneira, um adequado procedimento metodológico (técnicas) não impede que o trabalho “perca o rumo”, caso não esteja devidamente amarrado ao desenvolvimento de um determinado método de pesquisa. Assim, método e técnica formam um par indissociável na estruturação de um trabalho de pesquisa.

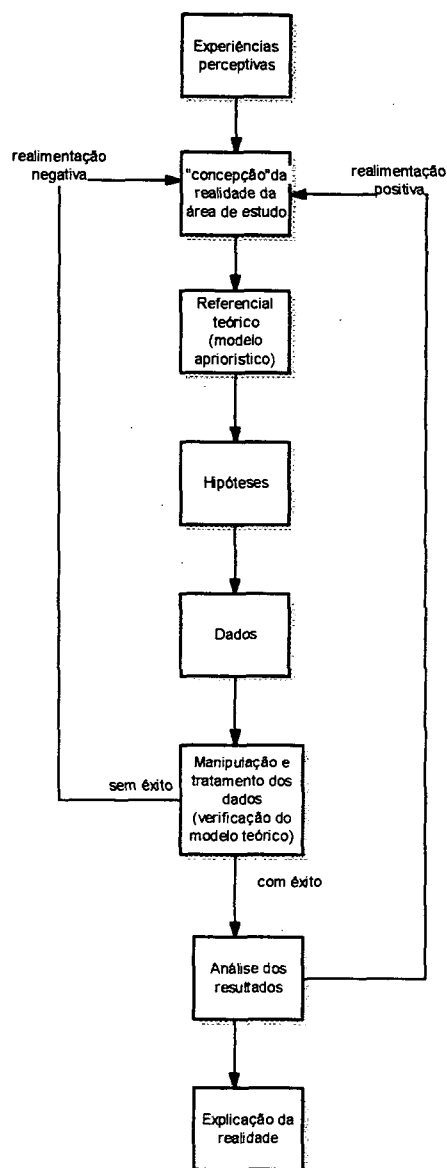


Figura 2 - Etapas de desenvolvimento do método dedutivo na pesquisa

Fonte : adaptado de HARVEY ( 1969 : 34 )



De acordo com ROSS (1991) :

"A metodologia deve representar a 'espinha dorsal' de qualquer pesquisa. Para a aplicação de uma determinada metodologia é preciso, por um lado, dominar o conteúdo teórico e conceitual e, por outro, ter habilidade de manuseio do instrumental técnico de apoio, e não confundir, como habitualmente acontece nas atividades de pesquisa, técnicas operacionais com método." (p.32)

O desenvolvimento geral da pesquisa foi encaminhado conforme a proposta de LIBAULT (1971). Segundo esse autor, as pesquisas de caráter geográfico passam por quatro níveis de abordagem, que constituem as etapas do trabalho de pesquisa, tal como aparece esquematicamente representado na figura 3. O nível "compilatório" correspondeu ao levantamento e seleção das informações temáticas.

Nesta etapa ocorreu um aprofundamento dos níveis de informação (temas), com a ordenação dos elementos levantados em tabelas, mapas, gráficos ou mesmo como informação bruta (no caso de material bibliográfico), analisados na etapa posterior. Tais elementos foram originados tanto de fonte primária (observações de campo, trabalho sobre imagem de satélite e cartas topográficas) como de fonte secundária (material já produzido por outros autores).

No nível "correlatório", os diversos temas foram correlacionados entre si, bem como as diversas informações levantadas dentro de cada tema. Nesta etapa foi gerada uma síntese espacial da pesquisa, através da produção de um material cartográfico resultante da sobreposição dos diferentes temas. A partir destes cruzamentos, foi possível obter um produto cartográfico representando a visualização dos diferentes elementos integrados entre si, aos quais foi acrescentada, na etapa seguinte, a dinâmica espacial e temporal (relações). Os resultados alcançados neste nível representaram a expressão visual da integração entre os elementos componentes da paisagem, de onde foi possível estabelecer-se as diferentes "Unidades de Paisagem".

O nível "semântico" correspondeu à interpretação integrada das correlações espaciais estabelecidas no nível anterior. O quadro natural é confrontado com o quadro

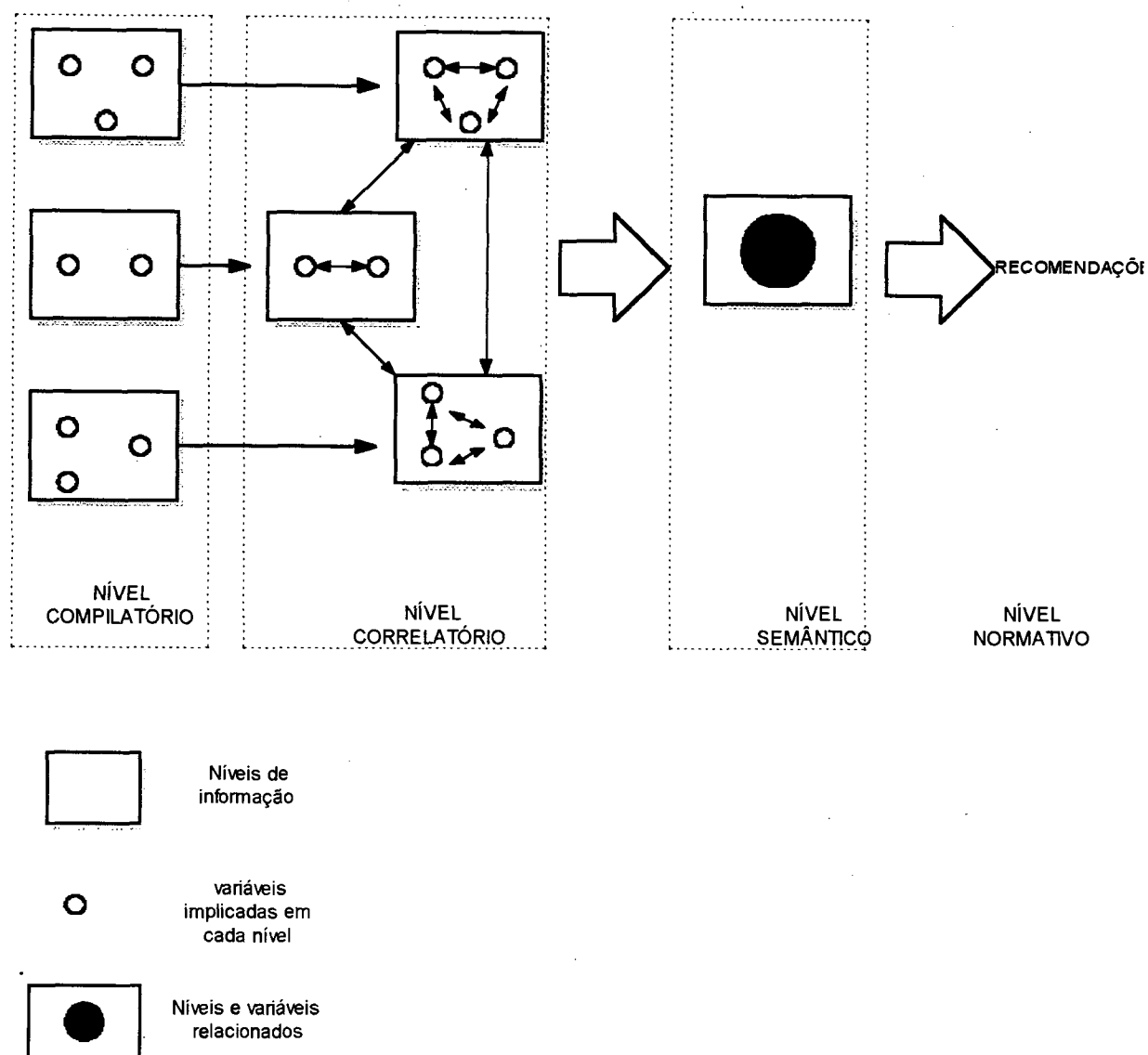


Figura 3 - Os quatro níveis de abordagem da pesquisa

sócio-econômico, gerando uma síntese da paisagem, a qual só é possível de ser obtida a partir do conhecimento da sua dimensão processual (processos de toda a ordem que contribuem para a formação do "arranjo espacial"), no tempo e no espaço. Este nível corresponde, mais especificamente, ao momento de sistematização da análise ambiental,

o que para GAMA (1997), constitui

(...) um exercício de identificação de correlações de fatores que intervêm direta ou indiretamente na configuração dos problemas ambientais, contribuindo para a diagnose das condições de estabilidade dos sistemas que configuram as paisagens do território analisado. (p. 30)

O nível "normativo" se constituiu no conjunto das diretrizes e recomendações que foram estabelecidas para a área de estudo, tendo em vista as possibilidades técnicas, os interesses envolvidos, a legislação e as ações planejadas ou em andamento.

A partir da adaptação da proposta formulada por LIBAULT (1971) ao trabalho em questão, foi possível chegar-se a uma estruturação geral dos estudos (figura 4), tendo como objetivo principal o entendimento da paisagem que, como salienta CARDOSO DA SILVA (apud GAMA, 1997, p.15), "(...) pode ser descrita e analisada através de seus componentes".

Com base na estruturação dos estudos montou-se um roteiro metodológico mais detalhado, que aparece esboçado na figura 5.

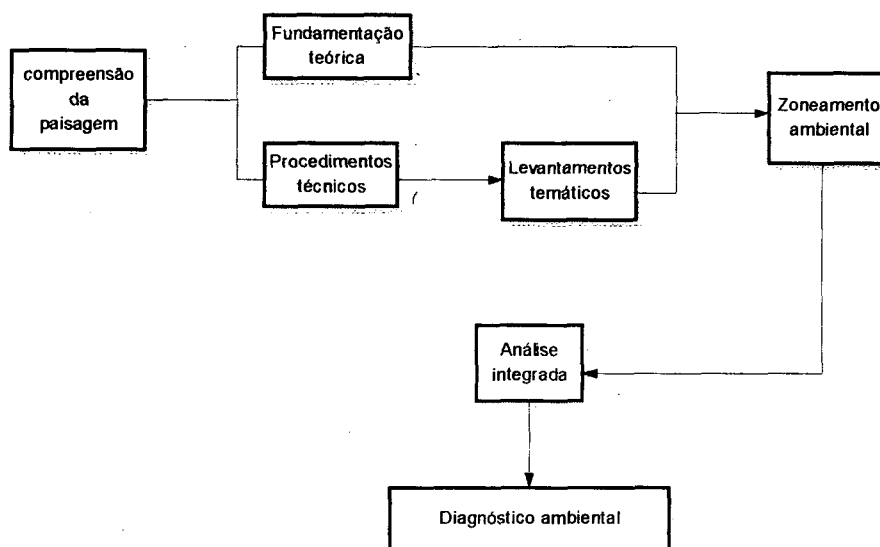


Figura 4 - Estruturação geral dos estudos

fonte : adaptado de GAMA (1997, p.32)

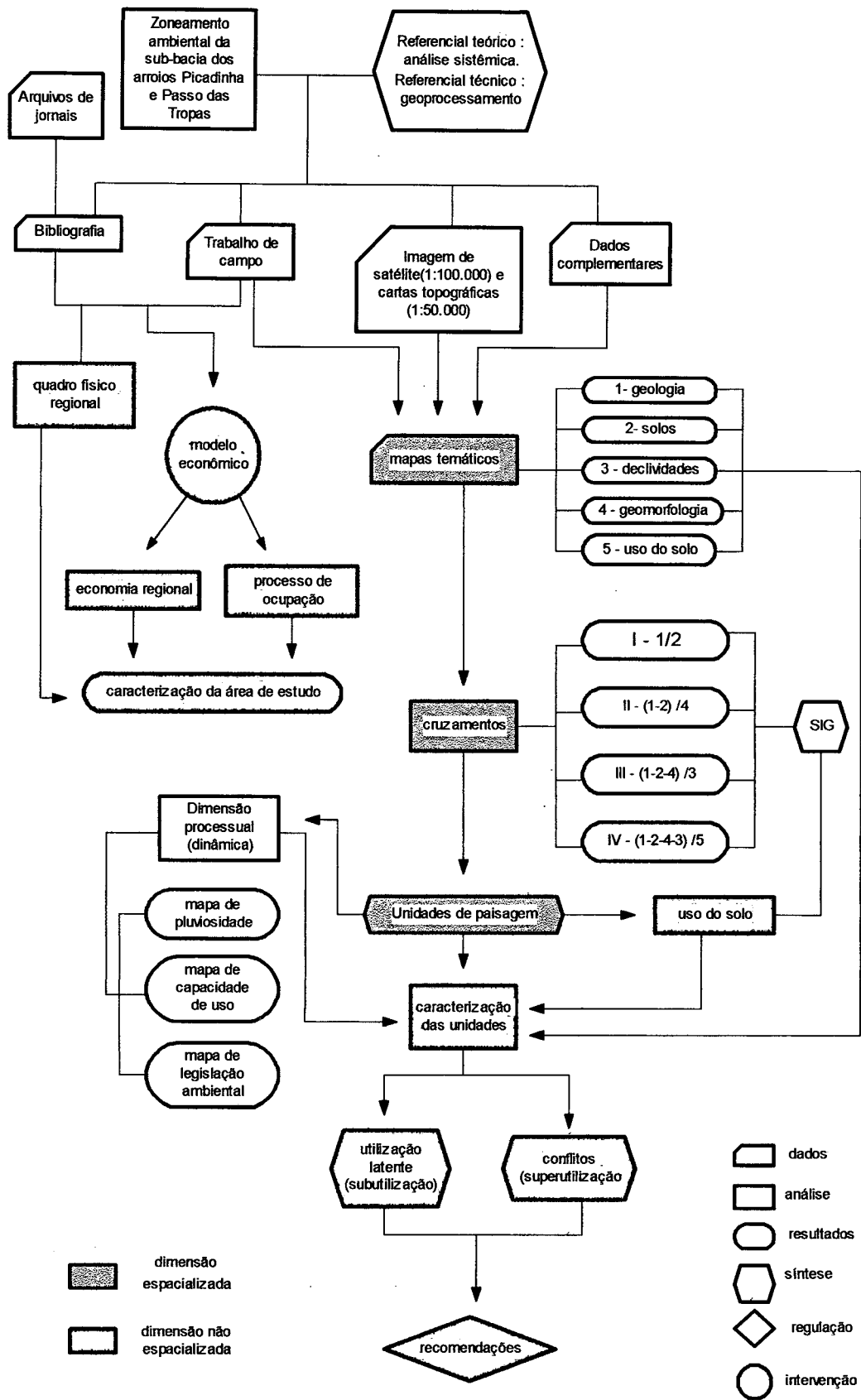


Figura 5 - Roteiro metodológico

A espacialização do complexo da paisagem, representada pelo conjunto dos fenômenos naturais e sócio-econômicos, pode ser feita, segundo BRUNEAU ( 1980 ), de duas maneiras : uma primeira possibilidade , chamada pelo autor de “abordagem analítica”, consiste na elaboração de diferentes cartas temáticas relativas às variáveis envolvidas no estudo. A superposição destas cartas permite chegar a uma setorização da paisagem em subsistemas homogêneos ( considerando-se, neste caso, a paisagem como um grande sistema ). Conforme TRICART (1977) :

“Cada um dos fenômenos incorporados num sistema, geralmente pode ser analisado, ele mesmo, como um sistema. Convencionalmente, denomina-se subsistema (...). As relações mútuas entre os subsistemas definem uma certa taxionomia desses subsistemas.”(p.19)

Uma segunda possibilidade, refere-se àquilo que o autor chama de “abordagem globalizante”, ou seja, corresponde a uma forma mais sintética de representação da paisagem. Nesta perspectiva, a pesquisa leva à elaboração de uma única carta aonde aparecem representadas todas as variáveis envolvidas e sua dinâmica. Muitos trabalhos foram desenvolvidos dentro desta linha, principalmente dentro da metodologia proposta por JOURNAUX ( 1980 ); porém, tais trabalhos apresentam, via de regra, uma concentração tão alta de informações que acabam por dificultar a sua interpretação. Face a isso, optou-se por conduzir este trabalho dentro da primeira perspectiva colocada, salientando sempre que a representação espacial dos fenômenos corresponde apenas a uma etapa do desenvolvimento do trabalho, visto que a ela será aliada uma dimensão não espacial, tal como colocado no roteiro metodológico.

Sucintamente, a metodologia seguida obedeceu a seguinte ordem :

- seleção dos temas a serem utilizados na análise;
- compilação e/ou elaboração dos mapas temáticos;
- digitalização dos mapas temáticos a partir de um programa CAD;
- exportação dos mapas temáticos para o Sistema de Informações Geográficas escolhido;
- manipulação dos mapas temáticos como tratamento prévio ao cruzamento;

- cruzamento dos mapas temáticos, segundo uma ordem previamente estabelecida;
- reclassificação do produto dos cruzamentos;
- delimitação do mapa final de Unidades Ambientais;
- análise dos processos atuantes dentro da sub-bacia e de cada uma das Unidades identificadas;
- elaboração de recomendações gerais .

A descrição mais detalhada do desenvolvimento da pesquisa encontra-se contida ao longo dos capítulos, especialmente nos capítulos IV e V.

#### **1.4 - O papel do subjetivo na análise da paisagem<sup>15</sup>**

No momento em que se propõe uma análise da paisagem com vistas à elaboração de uma classificação interpretativa, torna-se imprescindível gastar algumas linhas a mais para entender como a questão da subjetividade se insere neste contexto.

Em princípio, é possível notar que o desenvolvimento de todo o trabalho aqui colocado é permeado por uma gama de condições que afasta a análise dos elementos da sua situação real no tempo e no espaço<sup>16</sup>. A qualidade dos mapas compilados<sup>17</sup>, o nível de generalização adotado, a transformação e adaptação de escalas, a interpretação visual da imagem de satélite, a digitalização manual dos mapas temáticos, a reclassificação dos produtos originários dos cruzamentos, a simplificação dos processos atuantes são exemplos de condições que envolvem as pesquisas desta natureza e que geram, na maior parte das vezes, um produto final com maior ou menor semelhança<sup>18</sup> com o produto inicial.

---

<sup>15</sup> Esta discussão que será encaminhada daqui para a frente tem a finalidade exclusiva de resguardar e (quem sabe ?) legitimar os resultados obtidos na presente pesquisa sem, no entanto, ter a pretensão de abrir um debate mais amplo sobre a subjetividade da análise geográfica. Apesar de restritas, estas reflexões pretendem, ao menos, o mérito de terem sido colocadas no papel.

<sup>16</sup> Admitindo, para poder viabilizar a discussão e fazer avançar o debate, que esta "verdade" real, exista de fato.

<sup>17</sup> Isto para não falar que a subjetividade certamente esteve presente quando da elaboração destes mapas.

<sup>18</sup> Conforme a intensidade da influência das condições mencionadas sobre o processo da pesquisa.

Isso significa, que a análise da complexidade<sup>19</sup> dos elementos está permanentemente dotada de um código de princípios e valores sobre os quais os elementos são analisados. Assim, “(...) classificar já não é mais apenas caracterizar e ordenar, mas significa considerar também percepções que conferem à questão um acréscimo de complexidade”. (D’AGOSTINI e SCHLINDWEIN, 1996, p. 07).

Se o ato de interpretar significa “*esclarecer, explicar o sentido de...*”, quem interpreta o faz segundo um esquema interpretativo construído com base na sua formação (e, por conseqüente, sua concepção) e nos objetivos a serem alcançados; sendo, portanto, uma ação extremamente carregada de um particularismo muito próprio de quem a executa. Se assim não fosse, e tentássemos nos prender a um esquema universal de interpretação da realidade, a análise não deixaria de ser subjetiva; apenas, uma determinada subjetividade passaria a ser convencionada como objetividade.

Não há, portanto, como separar o observador do contexto no qual se insere. Ainda segundo D’AGOSTINI e SCHLINDWEIN (1996), “(...) classificar interpretativamente implica admitir a expressão da subjetividade do interpretador.” (p.08).<sup>20</sup>

A interpretação da paisagem pelo cientista é feita a partir de critérios que encerram valores algumas vezes subjacentes aos sentidos de quem observa.

É inegável, no entanto, a existência de valores universais que são comumente incorporados ao corpo de uma pesquisa e que acabam por levar diferentes

---

<sup>19</sup> É importante que a complexidade não seja confundida com a complicação, pois até mesmo sistemas simples podem apresentar um comportamento extremamente complexo, como demonstram PRIGOGINE e STENGERS (1991). BENNETT (apud JOLLIVET e PAVÉ, 1997) nos apresenta dois tipos de complexidade : a “complexidade aleatória”, referente aos sistemas com numerosos componentes ou numerosas relações, que não podem ser reduzidos para uma forma menos extensa; e a “complexidade organizada”, onde o sistema é composto por uma multiplicidade de variáveis elementares organizadas de tal forma a apresentarem uma chave interpretativa mais reduzida. Os sistemas ambientais, apesar de compreenderem as duas formas de complexidade, apresentam um índice bastante superior de complexidade aleatória, o que envolve uma análise mais extensa e mais interpretativa do que a que envolve um sistema classificatório tradicional.

<sup>20</sup> Não se está, com isso, pretendendo afirmar que todas as classificações são eminentemente subjetivas. Em especial nas ciências naturais, onde as classificações baseiam-se principalmente no grau de similaridade, é possível admitir uma brusca redução do grau de subjetividade, embora mesmo assim este não desapareça.

pesquisadores, que se debruçam sobre o mesmo tema, a resultados bastante próximos<sup>21</sup>, especialmente, quando ocorre uma valorização do aspecto quantitativo e da tecnificação, em detrimento do qualitativo e da análise menos instrumentalizada.

Dessa forma, um trabalho de análise e interpretação da paisagem poderá estar muito mais enriquecido, caso se admitam alguns pressupostos básicos a trabalhos desta natureza, como :

- consciência expressa da complexidade presente no ato de analisar e interpretar;
- buscar os resultados com base nos objetivos que se pretende alcançar e nos instrumentos de que se dispõe;
- buscar uma simplificação dos procedimentos sem, no entanto, tornar a análise simplista;
- dar forma e clareza ao quadro interpretativo utilizado, expressando a real intencionalidade e os limites da interpretação.

O trabalho assim desenvolvido abre a possibilidade para que outras “verdades” possam surgir, ampliando o campo de discussão e possibilitando um avanço real do conhecimento.

Para finalizar, o presente trabalho apresenta-se dividido em seis capítulos. No segundo capítulo, é feita uma análise teórica da evolução do conceito de paisagem, com a finalidade de dar sustentação à idéia proposta de que o Geossistema (escolhido como referencial teórico da pesquisa) representa um “modelo teórico da paisagem”. Para tanto, foi necessário resgatar a origem e as derivações sofridas pelo conceito de paisagem ao longo da história, desde o seu surgimento, na Idade Média, associado à pintura, até a elaboração da sua concepção sistêmica, tal como propuseram BERTRAND (1972) e SOTCHAVA (1977).

No capítulo três é feita a apresentação do objeto de estudo, com uma caracterização geral da Sub-bacia dos Arroios Picadinho e Passo das Tropas, além de uma análise do

---

<sup>21</sup> O que não implica que os mesmos valores ditos “universais” não possam ser combinados em diferentes intensidades por um pesquisador que obtenha, dessa maneira, um resultado contraditório aos que haviam sido obtidos até então. Isto pode representar, a princípio, o início de uma crise epistemológica do paradigma dominante. Mas seguramente não é deste nível de subjetividade que trata a presente reflexão.



processo histórico de ocupação da área. O entendimento de tal processo, mesmo que parcial, é de fundamental importância para que se compreenda a forma atual de organização deste espaço.

O capítulo quatro apresenta o desenvolvimento da metodologia dos cruzamentos realizados entre os mapas temáticos. Após uma breve revisão teórica do uso do geoprocessamento e do sensoriamento remoto na análise ambiental, passa-se a descrever detalhadamente a metodologia utilizada, desde a seleção dos temas até a obtenção do resultado final. É possível que a leitura desse capítulo se torne um pouco cansativa devido ao detalhamento da técnica; isto, no entanto, não corresponde a uma fatalidade da escrita, mas a uma intenção deliberada de apresentar um roteiro metodológico seguro para aqueles que se dispuserem a refletir sobre este campo do conhecimento.

O quinto capítulo se destina a abordar a dinâmica dos processos que atuam sobre a paisagem. Seguramente é o momento onde a análise fica mais prejudicada, devido à urgência do tempo, à falta de dados disponíveis e/ou instrumentos materiais para coletá-los e, principalmente, às limitações geradas pela formação disciplinar do pesquisador, ante a necessária e procurada (mas nem sempre conseguida) análise interdisciplinar.

Por fim, o sexto capítulo apresenta as considerações finais da pesquisa e algumas indicações derivadas da reflexão sobre os resultados encontrados.

## CAPÍTULO 2 - O GEOSSISTEMA COMO MODELO TEÓRICO DA PAISAGEM

A paisagem é resultado do equilíbrio entre múltiplas forças e processos temporais e espaciais. Em certa medida, a paisagem é um reflexo da visão social do sistema produtivo e suas formas transformam-se ou desaparecem sempre que as teorias, filosofias e necessidades que as criaram não são mais reais ou auto-evidentes. (LEITE, 1994, p.07)

A perspectiva de se realizar um zoneamento ambiental com base na teoria geossistêmica exige que se estabeleça uma reflexão, ainda que sumária, acerca de alguns conceitos fundamentais. Tal ensejo nos remete a uma preocupação anterior à definição conceitual, pois a simples demarcação de conceitos no sentido em que hoje são empregados, acabaria por omitir a real significação e os desvios por eles sofridos na sua construção histórica.

A questão, pois, está centrada na necessidade de um resgate epistemológico, na busca de uma real identidade entre significado e significante, que acabem por desvelar a verdadeira base da matriz teórica aqui utilizada.

O geossistema, tal como entende BOLÓS y CAPDEVILA (1992), corresponde a uma abstração, um conceito, um modelo teórico da paisagem. Nesta perspectiva, pode-se afirmar que o geossistema se coloca como um paradigma, segundo a concepção de KUHN (1994), já que representa um conjunto de idéias a serviço de uma dada interpretação da paisagem. Tal condição, por um lado, nos permite entender o conceito enquanto corpo de conhecimentos utilizado na busca da explicação de uma dada realidade; mas, por outro lado, nos adverte contra a transitoriedade a que se submete todo paradigma, construído e reconstruído a partir de condições específicas no espaço e no tempo.

O corpo de idéias que constitui a teoria geossistêmica será tratado oportunamente ao longo deste capítulo, porém, no momento, a preocupação central deve ser direcionada a uma outra questão : a idéia de paisagem. Se o geossistema é colocado como um “modelo de interpretação da paisagem”, torna-se evidente que a paisagem é comparada ao que existe de real na natureza. A paisagem, porém, não existe por si

mesma, senão enquanto corpo de idéias, ligado a uma visão ontológica daquilo que enxergamos e para o qual dirigimos os nossos estudos. Sem que se queira exercer um raciocínio tortuoso, pode-se dizer que a paisagem, por sua vez, também representa um conceito socialmente construído ao longo de um período histórico. Apesar disso, como salienta LECOEUR (1987, p.46), “uma paisagem não é simplesmente uma imagem, é uma associação dentro de uma mesma perspectiva de elementos concretos”.

Dada essa articulação, é perfeitamente compreensível que o entendimento da teoria geossistêmica passa, antes de mais nada, pelo entendimento do conceito de paisagem.

Indo muito além do simples caráter fisionômico que marcou a abordagem paisagística tradicional, BOLÓS y CAPDEVILA (1992) afirma que

(...) o conceito científico de paisagem abrange uma realidade que reflete as profundas relações, freqüentemente não visíveis, entre seus elementos. (...) a 'paisagem', na acepção vulgar do termo, nada mais é do que a parte emersa do 'iceberg'. Ao pesquisador, cabe estudar a parte escondida para compreender a parte revelada. (p.85)

A “invenção” de tal conceito é uma típica criação da modernidade, mais especificamente do século XIX. Anteriormente a isso, podemos encontrar um expressivo desenvolvimento da idéia de paisagem na pintura e na arte dos jardins, embora esta última, como afirmam ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI (1991), deva ser considerada como uma via secundária.

No entender de COLLISCHONN (1995),

(...) a invenção desta concepção peculiar de paisagem surgiu tardiamente, pelo fato de que exige uma separação, um desenraizamento do sentido uniforme e unitário da natureza como totalidade. A natureza que no seu íntimo e no seu significado não conhece algo como individualidade, (...) é transformada na individualidade da paisagem pelo olhar do homem que faz divisões, que serão novamente reordenadas pelo cérebro numa nova unidade particular. (p.09)

Duas condições foram necessárias para que houvesse o amadurecimento do conceito de paisagem e a sua conseqüente incorporação à ciência contemporânea. Em

primeiro lugar, uma ruptura efetiva entre sujeito e objeto, a consciência da exterioridade do observador. Em segundo lugar, a superação da fragmentação positivista em direção à construção da totalidade do conhecimento, o que só foi possível a partir do século XIX, com o resgate da visão holística pelo romantismo alemão.

Tais precedentes históricos precisam ser melhor discutidos a fim de que possam ser perfeitamente entendidas as bases sobre as quais se erigiu o conceito de paisagem e, conseqüentemente, de geossistema. Lembrando SANTOS (1992, p. 95) : “É sempre perigoso buscar reduzir a história a um esquema. Mas aqui a simplificação se impõe, com todos os seus riscos, para apontar o início de um processo e o seu estágio atual”. Dessa forma, é vital para a construção de uma sólida base teórica o resgate dos conflitos históricos e da reflexão epistemológica, a fim de que se possa contribuir para a reconstrução desse conhecimento.

## **2.1 - A evolução do conceito de paisagem**

### **2.1.1 - Antecedentes históricos**

Para as línguas de origem romana, o termo paisagem deriva da palavra *Pagus*, que significa país, território. Já para os povos de origem germânica a origem do termo paisagem ( *landscape*, *landschaft*,...) está associada à palavra *Land*, relativa a um espaço territorial delimitado. Em ambas as formas é possível notar que o conceito surge fortemente ligado à questão espacial, ao conjunto do território. Seja como for, o aparecimento do senso paisagístico no mundo ocidental, salvo raríssimas exceções, não ocorre antes da Renascença, por uma série de razões particulares que convém serem analisadas.

A representação da paisagem antes da Renascença passa por duas fases distintas. A primeira fase é relativa às pinturas da antigüidade, onde o foco central da preocupação era a figura humana. A paisagem, neste caso, quando aparecia, não representava mais do que um singelo pano de fundo, onde os homens apareciam em primeiro plano com a ação alegre ou trágica do seu corpo. Como afirma RILKE (1965,

p.01) : “O homem, embora existisse há milênios, era novo demais para si mesmo, demasiadamente encantado consigo para lançar seu olhar adiante ou além de si.”

A segunda fase da pintura representa a chamada pintura cristã. Nesta fase, segundo RILKE (1965), a pintura perde a intimidade com o corpo sem, no entanto, aproximar-se verdadeiramente da paisagem. Um lapso temporal significativo entre estas duas fases encobre o lento processo de transformação sofrido pela sociedade da época; a penetração das idéias religiosas redireciona a visão do artista, imprimindo um caráter cada vez mais paisagístico e menos antropocêntrico<sup>1</sup>. À parte das flutuações sofridas pela pintura cristã durante a Idade Média, pode-se afirmar que a representação pictórica insistia em não representar um lugar real, observado a partir de determinada perspectiva. Ao contrário, a pintura retratava e, mais do que isso, exaltava, o maniqueísmo típico da filosofia cristã da época. Tudo aquilo que se estendia para além das cidades muradas ( o bosque, o mar, os pântanos, ... ) era agregado em uma composição carregada de um simbolismo próprio. Ou ainda como salienta EBERLE (1980, p. 33 ): “A natureza é aquilo que se sabe (...) e não aquilo que é visto num determinado tempo a partir de um determinado lugar”. Em relação a isto, comenta LEITE (1994) :

A arte medieval representava os objetos naturais por meio de símbolos que não tinham muita relação com sua real aparência, mas que exprimiam as premissas religiosas e intelectuais do período. À sociedade, composta por uma grande maioria de iletrados, era ensinado, por uma religião brilhantemente organizada, que a vida terrena não era mais que um breve interlúdio e, portanto, o ambiente que era vivida não deveria absorver excessivamente a atenção. (p.34)

É nesta época que começa a tomar forma a arte dos jardins que, de certa maneira, foram também responsáveis pelo aparecimento posterior do senso paisagístico. ALIATA e

---

<sup>1</sup> A perda da intimidade com o corpo é uma das características mais marcantes da pintura da baixa Idade Média. A filosofia cristã consegue introduzir a idéia de que Deus “criou o homem à sua imagem e semelhança”. Sendo o corpo humano a representação de Deus, a pretensão da “Criatura” de reproduzir tamanha perfeição na tela era interpretada como uma injúria ao “Criador”. Tal pensamento bloqueou significativamente o avanço de alguns ramos da ciência, em especial da medicina, onde a dissecação ou o estudo de corpos humanos era rigorosamente proibida pela Igreja.

SILVESTRI (1994), comentam que :

Assim como a idéia de cidade era dirigida à Jerusalém celeste, o jardim achava o seu modelo ideal no Jardim do Éden (...). O Éden dos textos bíblicos estava também separado do resto do mundo, fechado no alto de uma montanha; a natureza aos seus pés era aquela da qual o homem foi expulso; o jardim recordava esta pátria perdida. Em sua acepção original, a palavra paraíso, de origem persa, significa cortado por um vale, e implica uma separação entre dois opostos : um ambiente perfeito frente a outro degradado. (p. 21)

A partir do final da Idade Média, a vida urbana se torna mais intensa e a contradição campo-cidade faz surgir uma nova perspectiva de vida e, consequentemente, do entendimento da natureza. Por um lado, a proximidade com o campo e com a vida pastoril traz consigo a possibilidade de uma reconciliação com o Paraíso perdido, anterior à ruptura da história. O dito “jardim” passa a ter uma resignificação, pois passa a representar os sinais divinos, os quais o homem é chamado a interpretar. Como fruto de uma utopia, esta paisagem não pode mais ser “cultivada” como até então se fazia com os jardins. A idéia de liberdade e serenidade emanada da contemplação da paisagem tem na pintura o seu maior representante.

Por outro lado, os “ares” da renascença vão fazer com que o jardim medieval se transforme e passe a ser planejado também para o prazer e não mais com fins unicamente contemplativos. Os jardins, agora abertos e freqüentados por intelectuais, estudantes e artistas, ganham um novo papel no contexto social<sup>2</sup>. Como afirma LEITE (1994) :

A teoria propunha que os jardins (...) fossem fortemente ligados à casa e à paisagem circundante. Essa ligação era feita por meio de terraços, alpendres e outras extensões, recomendadas para vencer as dificuldades dos terrenos e permitir a vista das colinas e dos campos. A prática (...) trouxe como resultado um verdadeiro espetáculo de movimento, expansão e transição entre o jardim e a paisagem do entorno. (p.36)

---

<sup>2</sup> Segundo LEITE (1994), bem antes que a idéia de jardins abertos começasse a ser difundida na Europa, a sociedade muçulmana, bem como persas e assírios, já promoviam uma relação de continuidade entre os espaços livres e edificados, integrando as construções com o seu entorno.

A arte da pintura e a arte dos jardins, neste momento, apresentam uma cisão enquanto expressões culturais. Enquanto o jardim é incorporado como instrumento da ordenação urbana, a pintura continua a assumir a expressão da representação simbólica da paisagem<sup>3</sup>; mas ainda não a pintura de um lugar específico, mas de um lugar idealizado: um prado, um arroio, uma colina, pastores, cabras, ovelhas ou, como dizem ALIATA e SILVESTRI (1994), “(...) construções genéricas que não podem existir no mundo real, já que não refletem a dura condição do campesinato da idade clássica e moderna” (p. 29).

O avançar dos séculos XV e XVI traz consigo uma mudança extremamente importante : a reinterpretação do conceito de paisagem. As mudanças das condições históricas levam o homem a repensar a sua relação com o entorno. Como afirma COLLISCHONN (1995) :

É nesse contexto que a palavra paisagem, já utilizada anteriormente pelos povos germânicos ganha outro sentido. O termo paisagem que significava o conjunto formado pelo terreno, os habitantes e a representação política de uma comunidade se estilhaça porque as alterações ocorridas no final da Idade Média criam uma clara separação entre o terreno e seus habitantes, a natureza e a sociedade. Por um lado, o conjunto homem-natureza não é mais tão completo, a vida não depende mais somente dos resultados do terreno; por outro lado, surge a burguesia que não depende diretamente da terra. (p.08)

O caminho do racionalismo vai forçando a substituição da paisagem idealizada pela paisagem concreta, cuja territorialidade assume importância secundária diante da perspectiva de “unidade” que ela pressupõe. A idéia de paisagem vai se afirmando cada vez mais como um mosaico de elementos, naturais e não-naturais, passíveis de serem captados pelos sentidos humanos em um determinado momento, a partir de um determinado local. Em detrimento disto, a sua componente espacial-territorial vai se

---

<sup>3</sup> Embora surgidos dentro de um mesmo contexto, a pintura de paisagens e a arte dos jardins assumem trajetórias diferenciadas na construção do conceito de paisagem. A contribuição de ambas vertentes carece, certamente, de uma análise mais extensa e mais complexa do que a que estamos nos permitindo, visto que não temos a pretensão de enveredar pelos caminhos do paisagismo propriamente dito. Pretendemos sim (e, apenas isto), estabelecer uma breve análise sobre os aspectos mais pertinentes da evolução do conceito de paisagem, tal como o entendem, atualmente, os pesquisadores ligados à ciência da paisagem.

perdendo progressivamente, até que seja novamente resgatada pela escola alemã, bem mais tarde.<sup>4</sup>

Tal transformação conceitual vai ser vital para a interpretação da idéia de paisagem na era moderna.

Muito embora a representação da paisagem real só acabe por deslanchar a partir de 1700, alguns testemunhos permitem colocar o início do processo em data anterior, como por exemplo, nas aquarelas de Albrecht Dürer acerca das suas viagens de 1495 a 1505 nos Alpes austro-italianos; ou nas obras de Leonardo da Vinci, onde, mesmo tendo a natureza um papel de fundo, havia para ele uma preocupação com a representação realista, a tal ponto que em seu tratado de pintura ele descreve minuciosamente técnicas para a representação da paisagem, levando em conta a influência da luz e da sombra, os fenômenos atmosféricos ou o movimento da água. Aparece também em Leonardo, a perspectiva da visão vertical, quando da representação de mapas que levavam em conta, inclusive, o sombreado do relevo. Porém, como afirmam ALIATA e SILVESTRI (1994), “Os fundamentos de Leonardo ainda não haviam se tornado independentes como para outorgar-lhes o direito de serem chamados paisagem em sentido estrito” (p. 40). Para os autores, o maior problema na representação da paisagem encontrava-se na chamada “unidade de composição”, onde a natureza representa muitos planos em diferentes sentidos, com incidência diferenciada da luz, problema este que já não se repetia na cena de uma pintura humana ou da natureza morta, onde a exposição a uma luz única facilita a unidade de composição.

Segundo ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI (1991), o início das pinturas de paisagem propriamente ditas se dá por volta de 1430, na região de Flandres e do sul da Alemanha. Desde então, a Holanda passa a representar uma escola de pintura cada vez mais destacada. Enquanto as pinturas do sul da Europa preocupavam-se com a representação do movimento e da ação, a pintura holandesa preocupava-se com o

---

<sup>4</sup> Em verdade o que ocorre é uma redefinição da dita “unidade” promovida pela paisagem. Durante a Idade Média, a unidade baseava-se no conjunto do espaço percebido (fisionômico) e do espaço vivido (territorial). Após este período, o sucessivo desmembramento dos impérios acarreta um deslocamento da noção de territorialidade para os Estados-nação, então em surgimento, relegando à paisagem um outro sentido de unidade baseado principalmente no conjunto dos elementos materiais percebidos.



registro da cena estática, como se o olho humano fosse, a um só tempo, um microscópio e um telescópio. É esta pintura holandesa que vai contribuir enormemente para tornar a arte como um instrumento de comunicação, onde progressivamente desaparecem os monstros marinhos e as representações fantasiosas do mundo real.

Esta perspectiva da arte holandesa vai estar em estreita ligação com as idéias empiristas dos cientistas ingleses, em particular Bacon. Como comentam ALIATA e SILVESTRI (1994) :

(...) a falta freqüente de um ponto de observação claro 'como se o mundo tivesse prioridade absoluta', acentuado pela sensação de que o mundo representado se estende por fora dos limites do quadro, como se o enquadramento viesse posteriormente; um sentido fortíssimo do quadro como superfície, como um espelho ou uma carta geográfica, não como uma janela, sobre a qual os objetos podiam ser inscritos (...); tudo conflui para reforçar a idéia da paisagem holandesa como uma arte de experimentação (no sentido baconiano que *equipara* experimento a experiência) (...). (p. 46)

Como salienta PEREIRA (1994), o cientista inglês Francis Bacon preconizava que a obtenção do conhecimento só se dá pela via empírica e experimental e não pela via especulativa. É neste sentido que ALIATA e SILVESTRI (1994, p. 46) afirmam que "a técnica de Bacon é arte orientada à busca do saber através do experimento; o olho se convertia em instrumento, tanto da arte como da ciência, ambos guiados pelo 'objeto real' que sem instrumentos não pode ser captado".

Esta representação absolutamente fidedigna da pintura holandesa permite uma separação cada vez mais profunda entre sujeito e objeto. Porém, como salienta COLLISCHONN (1995, p. 11), "(...) ela só se concretiza na medida em que há uma reconstrução do objeto de acordo com os valores impostos pelo sujeito ". A interpretação estética da paisagem começa a prescindir da presença divina, buscando, numa óptica mecanicista, sentidos internos a ela através da experiência científica.

Paralelamente a isso, as bases da representação artística da paisagem vão se transformar na Inglaterra dos fins do século XVIII e século XIX. Neste momento, a arte deixa, por influência da burguesia, de representar a vanguarda das mudanças ocorridas

no real para refugiar-se na conservação do patrimônio burguês e numa reação francamente nostálgica. Para ALIATA e SILVESTRI (1994) :

É neste caminho que se ocultam as bases fortemente estéticas da construção e percepção da paisagem nas técnicas e nas ciências, enquanto que na arte se consolida como gênero acadêmico e perde sua anterior capacidade de portadora de valores novos. ( p. 56)

Tem início uma nova fase na história do estudo da paisagem. Com Bacon, Descartes, Hobbes, Newton e Comte a paisagem passa, desde então, a ser fracionada, medida, analisada e transformada em leis.

### 2.1.2 - Ciência e paisagem

Seria, por certo, uma omissão imperdoável deixar de comentar que a transição entre a “imagem prévia” do feudalismo para a “imagem real” da modernidade apresenta muitas nuances. Assim, durante o Renascimento, apesar da forte evocação racionalista, a imagem que se tem da realidade ainda conserva algo de sua aura metafísica; parece, efetivamente, depender da experiência, mas ainda não é dito que ela tenha a sua origem na experiência.

Descartes, um dos mais fiéis representantes deste período de transição, apresenta o uso da razão como instrumento do poder divino, tal como retrata LENOBLE (1990) :

A alma serve do corpo como o piloto do seu navio, para o dirigir; e a bordo da nave do mundo, por si vazio de intenção e de finalidade, o homem é o piloto através do qual o mundo pode servir o plano de Deus. Mas para isso há que aprender a manejá-lo. A ciência verdadeira, que nos permite, de alguma forma, compreender a obra criadora e nos dá entrada no segredo divino, torna-se assim, além do mais, um meio de louvar o Criador : edificar uma ciência verdadeira é, comô ele repete com frequência, trabalhar para a causa de Deus. Finalmente, a lei de caridade impõe-nos que venhamos em auxílio do trabalho dos homens e que o alivemos por meio da invenção de máquinas. (p. 267)

A mudança de postura, quanto à origem e finalidade da natureza, traz consigo uma importante renovação conceitual. A natureza amiga, mantenedora da vida sobre a

Terra passou a ser uma máquina que se opera e se manipula, desde que sejam conhecidas as regras do seu funcionamento. Como salienta CARVALHO (1991, p. 47), “Bacon não poupou palavras e propôs que a natureza fosse ‘obrigada a servir’, ‘escravizada’, ‘reduzida à obediência’, e que ‘sob tortura’ os sábios extraíssem dela todos os segredos”. SERRES (1991), de uma forma não menos incisiva, nos lembra : “Domínio e posse, a palavra chave lançada por Descartes no despertar da era científica e técnica, quando a nossa razão partiu para a conquista do universo” (p.44) .

Destituída de todo o senso estético e identificada com o conceito de natureza, a paisagem , durante os séculos XVII e XVIII, perde completamente o sentido unitário que lhe tinha sido atribuído pelos paisagistas holandeses. Como a essência do conhecimento cartesiano preconizava que o todo era resultado do comportamento das partes, a metodologia proposta para se alcançar o verdadeiro conhecimento de algo, era a de dividir o objeto em tantas partes quantas fossem necessárias, ordenando-as segundo uma determinada hierarquia e analisando-as uma a uma.

Tal metodologia seria consagrada com a divulgação dos princípios da física newtoniana e, posteriormente, com a sistematização de todos os ideais do racionalismo pós-renascentista na “filosofia positivista” de Augusto Comte.

O rompimento definitivo da representação da paisagem, agora desenvolvida sobre bases científicas, com os seus vínculos estéticos, se dá a partir do desenvolvimento da cartografia moderna. No entender de CAUQUELIN (1990), “(...) não se pode discorrer sobre a paisagem sem entender a sua relação com as técnicas territoriais, e estas não se pode entender ignorando que um determinado ponto de vista compreende estratégias de ação” (p.104).

Inicialmente, o desenvolvimento das técnicas cartográficas, como afirma LACOSTE (1989), obedece a necessidades militares de reconhecimento do terreno. O autor chega mesmo a afirmar que foram os homens da guerra que primeiramente observaram e esboçaram objetivamente as paisagens, nas quais seriam travadas as batalhas (LACOSTE, 1987). Gradativamente, a representação do território vai perdendo a perspectiva horizontal em favor das componentes astronômica e matemática (a grade

geodésica), até que se estabelece definitivamente a separação entre a representação do tipo pictórica e a carta geográfica.

Progressivamente, este conhecimento vai se transferindo da esfera militar para a esfera social mais ampla, no sentido de possibilitar uma forma de intervenção no território.

Tal situação foi especialmente expressiva na França, graças à criação da Escola Politécnica (1795), que representou o principal núcleo de desenvolvimento da ciência apoiada nos princípios da física e da matemática, durante a primeira metade do século XIX. Para HOBBSBAWM (1994) :

A supremacia mundial da ciência francesa durante a maior parte de nosso período se deveu quase certamente a estas importantes fundações, notadamente à *Politécnica*, um turbulento centro do jacobinismo e liberalismo que atravessou todo o período pós-napoleônico, e um incomparável criador de grandes matemáticos e físicos. (p. 303)

### 2.1.3 - A escola alemã e o resgate da idéia de totalidade

O alvorecer do século XIX, na Europa, encontra a idéia de paisagem dividida em duas grandes correntes. De um lado, a França e a maior parte dos países europeus, onde a separação entre arte e ciência já estava nitidamente instalada. Desta separação, decorriam duas idéias básicas de paisagem : uma, ligada a uma perspectiva científica e economicista da sociedade burguesa. A paisagem-natureza, "esquartejada" pela ciência analítica, representava um instrumento do modo capitalista de produção, sujeita a toda sorte de análises e experimentações que a ciência lhe submetia. Outra, ligada à emergência de uma sensibilidade artística, percebe a paisagem somente a partir do seu simbolismo estético. Tal dicotomia conceitual (sentidos científico e estético) relegou o termo paisagem a um uso cada vez mais infrequente naqueles países inspirados na tradição científica francesa.

De outro lado, uma Alemanha impulsionada pelos ideais do romantismo, onde esta separação não acontece<sup>5</sup>. A idéia de *naturphilosophie* formava uma terceira via<sup>6</sup> na idéia de paisagem : uma visão holística, integradora, panteísta, que não reconhece divisões entre arte, ciência e religião; público e privado. Para ALIATA e SILVESTRI (1994),

Esta 'terceira linha' que se intercepta permanentemente com as outras mas é perceptível em sua gênese de forma claramente diferenciada, este saber romântico da natureza, aparece notavelmente aparentado com os modos atuais do sentido comum para aproximar-se do mundo natural : nos referimos ao ecologismo. Enquanto ideologia, o ecologismo se aproxima muito mais da inteligibilidade romântica que dos modos públicos de considerar a paisagem (na medida que os esforços dos românticos alemães se dirigem muito mais para a afirmação de uma relação direta indivíduo/cosmos, em lugar do estudo das relações sociedade [ ou indivíduo social ]/ natureza, e despojada dos modos científicos de análises, ainda que se apresente apoiada por uma suposta objetividade ancorada nos estudos das ciências da vida). (p.83).

Tal concepção representava muito mais do que um simples resgate da idéia de paisagem enquanto totalidade. Por intermédio desta corrente filosófica se dava a contestação de todo um modo de fazer ciência erigido até então pelos teóricos iluministas. Para HARVEY (1993),

(...) quando Rousseau substituiu a famosa máxima de Descartes 'Penso, logo existo', por 'sinto, logo existo', assinalou uma mudança radical de uma estratégia racional e instrumentalista para uma estratégia mais conscientemente estética de realização das metas iluministas. (p.28)

Muito embora o movimento romântico tenha se espalhado por grande parte da Europa, atingindo inclusive a América do Norte, a sua mais forte expressão foi seguramente na Alemanha devido, como salienta COLLISCHONN (1995), "(...) este país ter passado pela Reforma Protestante que sugeriu uma nova forma de relação com Deus e que propiciou o subjetivismo e a auto-realização individual" ( p.20).

---

<sup>5</sup> O Romantismo é um movimento filosófico, artístico e literário surgido na Alemanha do século XIX como uma forma de reação às consequências da Revolução Industrial e ao ritmo acelerado do progresso que dominava a sociedade européia da época. Para se opor a mecanização em curso, esta Escola propõe a contemplação do sublime e o resgate das paisagens idealizadas, retratadas pelos pintores do século XVII.

<sup>6</sup> Nem arte nem ciência mas, antes disso, as duas coisas juntas.

A idéia de assimetria, de irregularidade e de composição eram, seguramente, as principais características das pinturas românticas, que influenciaram a construção da idéia de paisagem na modernidade. Segundo LEITE (1994), “o desenvolvimento dessa filosofia culminou, quase um século mais tarde, com o entendimento (...) de cidade e campo como um conjunto único, numa seqüência fluente de espaços edificadas e não edificadas” (p.43).

A obstinação dos românticos em resgatar a unidade perdida entre homem e natureza, vinha ao encontro da necessidade de estruturação de uma perspectiva mais global na análise da paisagem, fato este que contribuiu para que se desse na Alemanha a incorporação da noção de paisagem (enquanto totalidade dos elementos observáveis no espaço) na ciência de maneira geral e, mais especificamente, na geografia.

#### 2.1.4 - A paisagem na geografia

Na Alemanha, a noção de paisagem foi incorporada à ciência por meio do termo *Landschaft*, mas, como salientam ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI (1991), “(...) desde a Idade Média, o *Landschaft* existe, designando uma região de média dimensão, o território ou a ocorrência de pequenas unidades humanas” (p.13). O que ocorre é que, a partir da Renascença, e mais fortemente do século XVIII, este conceito começa a incorporar novos valores, relacionados com o senso estético e com a observação da natureza.

É justamente a partir deste novo sentido, ou seja, designando “o conjunto de elementos espaciais observáveis a partir de um ponto alto”, que BOLÓS y CAPDEVILA (1992) comenta que A. Hommeyerem introduz a forma alemã de *Landschaft* na geografia. Este duplo sentido mantido pelo conceito alemão (paisagem e região) vai manter viva a idéia de paisagem mesmo com o posterior desenvolvimento da geografia regional.

É por intermédio de Alexander Von Humboldt, considerado como um dos fundadores da geografia moderna, que o estudo e a noção de paisagem se difundem. Humboldt viveu entre a intelectualidade artística e literária que reagia ao classicismo por meio da exploração estética. Daí a incorporação de uma maneira muito forte deste

sentido na descrição das paisagens feita pelo autor. Numa dura crítica aos enciclopedistas franceses, diz HUMBOLDT (1982) :

A tentativa de decompor em seus diversos elementos a magia do mundo físico está cheia de riscos, porque o caráter fundamental de uma paisagem e de qualquer cena imponente da Natureza deriva da simultaneidade de idéias e de sentimentos que suscita no observador. O poder da Natureza se manifesta, por assim dizê-lo, na conexão de impressões, na unidade de emoções e sentimentos que se produzem, em certo modo, de uma só vez. (p.161)

No entanto, tendo estudado muitos anos na França, a sua obra reflete, segundo PORTO, FIGUEIRÓ e CARVALHO (1995), "(...) uma clara tentativa de conciliação entre duas concepções metodológicas completamente distintas" (p.17). Isto vai levar o autor a transitar entre as idéias do conhecimento ilustrado francês ao mesmo tempo que, transcendendo o racionalismo puro, se utiliza da visão totalizadora e do senso estético dados pelo romantismo alemão.

Muito provavelmente absorvendo influências de Goethe, Humboldt adota uma especial predileção pela observação da paisagem e sua morfologia, uma paisagem fortemente calcada no papel desempenhado pela vegetação; tanto que é a partir da noção de formações vegetais lançada por Humboldt, que Griesebach propõe, em 1872, que "a organização das formas vegetais" deve levar às "diferenciações fisionômicas da paisagem" (apud ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991, p. 27).

A expressiva contribuição de Humboldt no estudo da fisionomia das paisagens, associada a uma visão holística fortemente enfatizada por Karl Ritter e, ainda, graças ao enfoque dado por Friedrich Ratzel (apesar dos desvios deterministas originados a partir das suas idéias), no sentido de desvendar as relações causais que se processam dentro da natureza, resultaram na criação, na virada do século, da *Landschaftskunde* ou ciência da paisagem. Daí em diante, graças a estes aportes iniciais, os estudos de paisagem obtiveram grande divulgação, principalmente, entre os seguidores de Humboldt.

Dentre estes seguidores, estava Oscar Schlüter que, seguindo os ensinamentos de Humboldt, insistia na "(...) importância de descrever de forma precisa a paisagem, ponto de partida para uma posterior classificação" (apud CAPEL, 1981, p.347). Ao mesmo

tempo que propõe um método baseado na percepção imediata das formas sensíveis do ambiente, Schlüter afirma que a paisagem corresponde a uma totalidade, onde se integram os elementos da natureza e os elementos da cultura. A difusão das idéias do autor vai convergir com o desenvolvimento da *Gestalttheorie*, escola da psicologia baseada na importância da percepção e do símbolo que representa, na interpretação subjetiva, um dado conjunto de formas. Tais estudos assumem, ao longo do tempo, dimensões consideráveis no campo da geografia, cujos reflexos alcançam até os dias atuais dentro da escola humanística, com os estudos da geografia da percepção.

Um especial destaque também deve ser dado para Sigfrid Passarge que, no início do século atual, após estudos no continente africano, estabelece as bases concretas para a fundação desta nova ciência em formação, publicando os "Fundamentos da ciência da paisagem"<sup>7</sup>(1919-1920), sendo o primeiro autor a dedicar um livro exclusivamente ao estudo da paisagem.

Passarge, que além de geógrafo era também médico e geólogo, retrata em sua obra o gosto pelo estudo das formas, ao mesmo tempo que foi o primeiro a estabelecer uma tentativa de hierarquização da paisagem. Segundo CAPEL (1981), Passarge estabelece cinco classes hierárquicas da paisagem, indo desde os pequenos espaços (*Landschaftsteilen*), passando pelas regiões (*Landschaften*), até as grandes regiões mundiais, com distribuição zonal (*Landschaftsgürtel*). Apesar de estabelecer tal classificação, Passarge não define claramente a grandeza de cada uma das classes, nem tampouco as diferenças reais existentes entre elas.

O estudo da paisagem começa, desta forma, a ter uma aceitação cada vez maior dentro da comunidade científica, especialmente dentro da geografia. Prova disso, é que nos Congressos Geográficos Internacionais de Varsóvia (1934) e de Amsterdã (1938), pela primeira vez, se abriu uma seção específica para o estudo da geografia da paisagem. No Congresso de Amsterdã, afirmava-se :

Ao não ser a paisagem geográfica somente uma entidade fisionômica e estética, sua análise mostra que compreende todas as relações genéticas e

---

<sup>7</sup> "Grundlagen der landschaftskunde"



funcionais associadas entre si na superfície do globo, até constituir tipos e sub-tipos. (apud CAPEL, 1981, p.348-49).

Para CAPEL (1981), tal afirmação tratava-se de uma aceitação implícita das idéias de Schlüter e Passarge, além do que representava um substancial amadurecimento da idéia de paisagem, tal como ela foi inicialmente incorporada à ciência.

#### 2.1.5 - A evolução do conceito de paisagem na Alemanha: a KULTURLANDSCHAFT.

Desde o início do século, com as idéias de Schlüter, já se falava em uma concepção de paisagem que integra os elementos de ordem social com os elementos naturais. Porém, é somente a partir de Karl Troll que o debate em torno do conceito desta "paisagem cultural" (*kulturlandschaft*) toma efetivamente consistência.

Enquanto a paisagem "humboldtiana" possuía um caráter fortemente naturalizante, calcado sobre a fisionomia e o papel desempenhado pela vegetação, a idéia de paisagem cultural apregoava que a totalidade provinha de uma combinação entre os elementos da natureza e os elementos da cultura.

Embora alguns autores insistam em associar o desenvolvimento da idéia de paisagem cultural com o estabelecimento de uma dicotomia no seio da geografia alemã, é mais provável que os pressupostos desenvolvidos por Troll e outros autores associados a essa concepção estejam vinculados não à criação de um antagonismo natural/cultural, mas sim, à proposição de uma nova via metodológica de estudo da paisagem, a análise temporal.

Como afirmam BOBEK e SCHMITHÜSEN (1982) :

Os espaços da superfície terrestre, enquanto objetos de investigação, devem ser concebidos não como entidades simplesmente tridimensionais, mas sim como entidades quadridimensionais, como complexos de fenômenos espaço-temporais (...). (p. 331)

Tal fato, ao invés de romper com a idéia de totalidade, a reforça ainda mais, pois oferece ao pesquisador a possibilidade de construção de um modelo teórico extremamente mais próximo da realidade.

Ao afirmar que “os componentes naturais e culturais não estão superpostos ou somados (...)”, mas sim que “(...) a natureza e a cultura na maioria dos objetos geográficos se acham integradas” (BOBEK e SCHMITHÜSEN, 1982, p.331) os teóricos da *kulturlandschaft* chamam a atenção para a influência do papel antrópico no fato geográfico. Trata-se, portanto, não de estabelecer uma dicotomia entre a paisagem natural e a paisagem cultural, mas de ressaltar o nível de transformação da natureza primitiva pela sociedade ou, como afirma ENGELS (1991), revelar a passagem da *primeira* para a *segunda* natureza.

Reflexos da idéia de paisagem cultural vão aparecer também nos Estados Unidos, onde Carl Sauer publica, em 1925, “The morphology of landscape”, no qual o autor afirma que a paisagem “(...) não pode ser senão natural e cultural ao mesmo tempo” (apud ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991, p. 31). O desenvolvimento de tal perspectiva, acaba por acentuar cada vez mais o papel do subjetivo na interpretação da paisagem (BAILLY, RAFFESTIN e REYMOND, 1980).

No entanto, a contribuição de Troll não se resumiu apenas ao debate acerca da paisagem cultural. É possível afirmar que as idéias do autor antecipam elementos chaves na sistematização posterior do conceito de geossistema. Isto aparece mais claramente em dois pontos principais da sua obra : na definição do “ecótopo” e na posterior tentativa de classificação e hierarquização da paisagem.

Ao propor o conceito de *ecótopo* (1945), como sendo a menor parcela a que pode ser dividida uma paisagem, Troll estabelece um referencial para a hierarquização da paisagem, ao mesmo tempo que dá continuidade às idéias de Schmithüsen de diferenciação entre paisagem e região<sup>8</sup>. Apesar de já ter sido utilizado por A. G. Tansley, em 1939, o *ecótopo* não apresenta a contrapartida desejada por parte da comunidade científica, dada a derivação terminológica que se verifica no momento seguinte. Enquanto

autores russos falavam de “unidades topo-ecológicas”, K.H. Paffen propôs o uso da expressão “célula de paisagem”. Mesmo dentro da comunidade geográfica, tal termo acabou não tendo muita aceitação. No entender de BERTRAND (1972-a) :

A definição dos “ecótopos” permanece imprecisa e a hierarquização dos fatores não é evocada. Nenhuma tipologia sistemática permite lançar claramente o problema da representação cartográfica. Trata-se em suma de um método mais ecológico que geográfico. ( p.07)

Em artigo publicado em 1950, Troll faz referência a uma tentativa de hierarquização da paisagem (TROLL, 1982), ainda que rudimentar. Neste sentido, o autor define as “zonas de paisagem”, consideradas como as maiores unidades, associadas às zonas climáticas, e as “pequenas paisagens” ou “paisagens parciais”, correspondendo ao que o autor já havia definido como ecótopo. Admite ainda existir uma hierarquia intermediária de diferentes dimensões entre os extremos, embora não a defina.

A inter-relação entre os elementos da paisagem, presente na obra de Troll sob a forma da idéia de totalidade, não deixa de ser considerado, também, como um prenúncio da idéia de geossistema, já em gestação. Neste sentido, o autor afirma :

Cada vez mais se tende a considerar uma paisagem como uma “unidade orgânica” e a estudá-la “no ritmo temporal e espacial de seus numerosos e diversos fatores”. Também tem-se colocado a questão de se a paisagem é algo mais que a soma de objetos geográficos, quer dizer, uma “totalidade” ou uma “configuração”. (TROLL, 1982, p. 324).

Cabe ressaltar que esta idéia de totalidade desenvolvida por Troll, apresenta uma derivação semântica em relação à idéia de totalidade presente desde os estudos de Humboldt pois, como salienta HARD (apud COLLISCHONN, 1995),

(...) a paisagem (...) pretendeu desprender-se do caráter subjetivo e estético e o seu caráter fisionômico é sistematicamente substituído por uma definição científica, como conceito holístico e sinérgico, na medida do possível livre de todo o juízo de valor. Para livrar-se da carga estética e emocional dada por Humboldt à paisagem, os geógrafos lhe dão um caráter de cientificidade, substituindo o termo “impressão de totalidade” que soava muito subjetivo pelo termo mais objetivo “caráter de totalidade”. ( p.22)

---

<sup>8</sup> Para Schmithüsen, enquanto a paisagem se caracteriza por apresentar leis gerais, a região se diferencia pela sua individualidade

O desenvolvimento das idéias de Troll deu origem à Geoecologia, semelhante à “Ecologia da paisagem” desenvolvida na Alemanha pelo professor E. Neef, que consiste na análise funcional do conteúdo paisagístico, tendo como elementos básicos o conjunto de organismos vivos, o ambiente destes organismos e as inter-relações entre eles. Ou, como afirma FOCHLER-HAUKE (1983) :

(...) se investigam as forças, quer dizer, a estrutura dinâmica da paisagem. Se trata neste sentido de uma análise funcional, que investiga as dependências e interdependências dos elementos que formam a paisagem. Se tem chamado as vezes a este método “fisiologia da paisagem”, mas convém melhor denominá-lo Ecologia da paisagem. (p. 10)

Como salienta KLINK (1981), a busca de uma unidade fisionômica e funcional, preconizada pela ecologia da paisagem, estava em sintonia com o desenvolvimento dos métodos de pesquisa por aerofotos, cuja maior repercussão seria experimentada pela escola australiana.

Referindo-se à proposta de Troll, BERTRAND (1972-a) comenta que “este método representa um progresso decisivo sobre os estudos fragmentados dos geógrafos e dos biogeógrafos, porque ele reagrupa todos os elementos da paisagem e o lugar reservado ao fenômeno antrópico é bem importante nele.” (p. 07). No entanto, alguns autores, como CHRISTOFOLETTI (1981), entendem que a ecologia da paisagem é uma tentativa de espacialização da proposta ecológica, sendo “redundante e justaposta à noção de paisagem”.

Bem mais tarde, já na década de 70, ZONNEVELD ( apud ETTER, 199\_) aprimora o conceito de ecologia de paisagem, propondo a Teoria Ecológica da Paisagem (TEP), a qual inclui, entre os demais fatores, a influência dos fatores sócio-econômicos (figura 6).

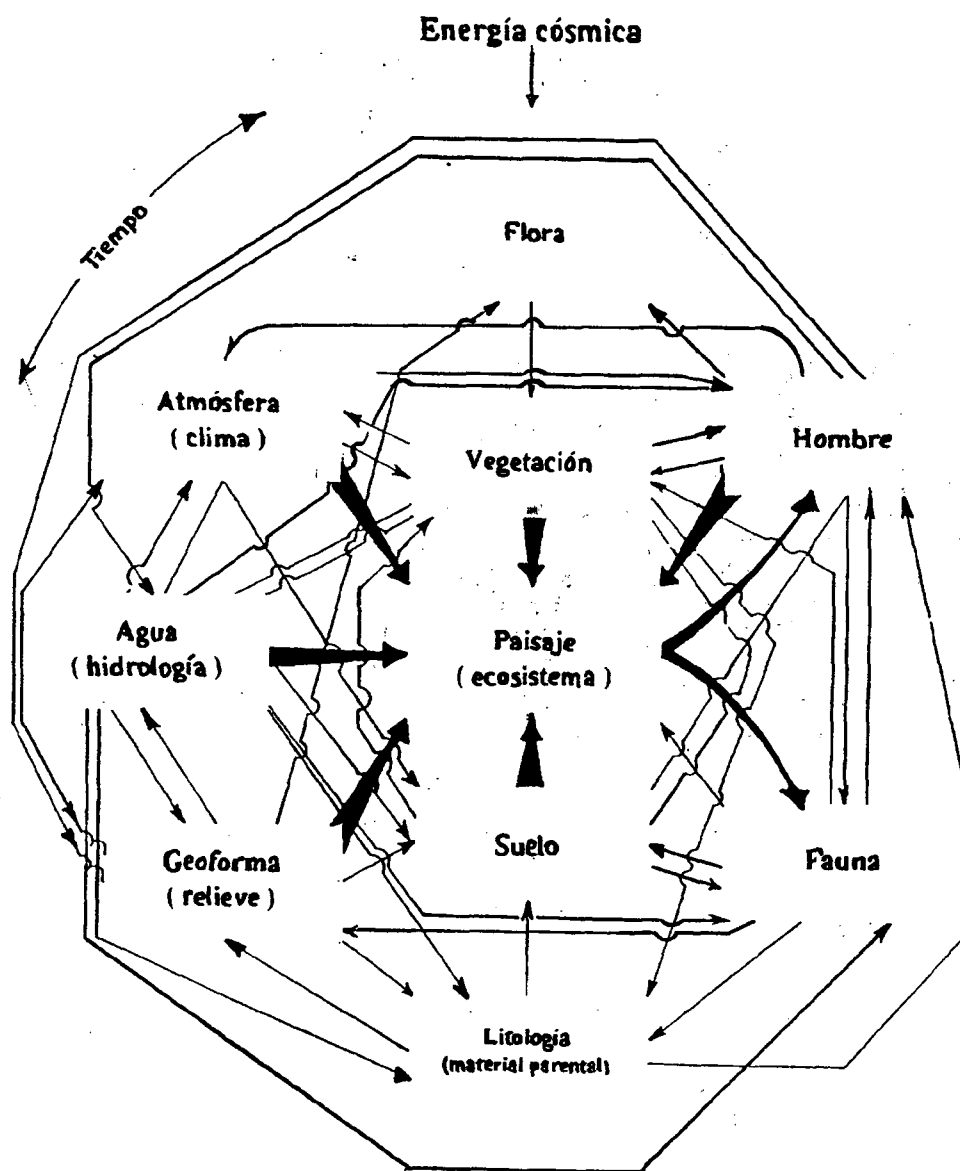


Figura 6 - Os fatores formadores da paisagem segundo ZONNEVELT

Fonte : ETTER, 199\_, p.31

O postulado básico da TEP considera que as paisagens ou ecossistemas são **unidades** estrutural-funcionais e temporais de espaços geográficos, as quais se diferenciam espacialmente como resultado da interação complexa entre os fatores ecológicos que as formam (clima, relevo, litologia (...), solos, água, vegetação, fauna, homem/ atividades humanas, etc. (ETTER, 199\_, p.30)

### 2.1.6 - Os princípios da paisagem na Escola Soviética

A origem do estudo das paisagens na ex-URSS está fundada na influência das idéias darwinistas sobre os biólogos soviéticos. Passou-se a estudar as inter-relações e interdependência entre os fenômenos que ocorrem na superfície da Terra, procurando realizar divisões espaciais botânico-geográficas e zoogeográficas, usando estes termos quando tal noção ainda não existia na ciência geográfica.

Tal perspectiva abriu caminho para as idéias de V.V. Dokuchaev, contemporâneo de Passarge, que já em fins do século XIX estabelece os princípios teóricos do zoneamento físico, por meio do conceito de “Complexo Territorial Natural” (CNT). Centrando o seu interesse no estudo da pedologia, Dokuchaev entendia o solo como resultado de um complexo de relações naturais, em que se envolvem tanto os elementos da parte biótica como os elementos abióticos. Do ponto de vista da análise da paisagem, o Complexo Territorial Natural pode ser considerado como o modelo teórico mais próximo da realidade, pelo menos até a década de cinquenta, chegando a incorporar e superar (porque o transcende) até mesmo o conceito ecossistêmico, que apareceria mais de trinta anos depois das idéias de Dokuchaev (figura 7) . Porém, salienta TRICART (1979-a) :

Dokuchaev fundou a pedologia sobre a noção de paisagem. Mas, trabalhando sobre a planície russa, de relevo medíocre e monótono, referiu-se exclusivamente ao clima e à vegetação, veículos de uma primeira classificação de solos. (p. 82)

A proposta de Dokuchaev carecia, por certo, de estabelecer uma discussão mais ampla entre todos os elementos que compõem o complexo paisagístico e as inter-relações entre eles. Por outro lado, o referido autor carrega o mérito de ter sido o primeiro

a oferecer elementos para essa discussão no que se refere às unidades paisagísticas de grande escala.

Foi a partir das idéias de Dokuchaev, que A.N. Krasnov, em 1895, desenvolveu juntamente com outros autores o conceito de paisagem natural, que passou a ser o principal objeto de estudos da geografia russa, desde o início do século XX. Iniciava-se assim, uma nova escola da paisagem (*Landschaftovedenie*), que desencadearia na formulação das idéias geossistêmicas.

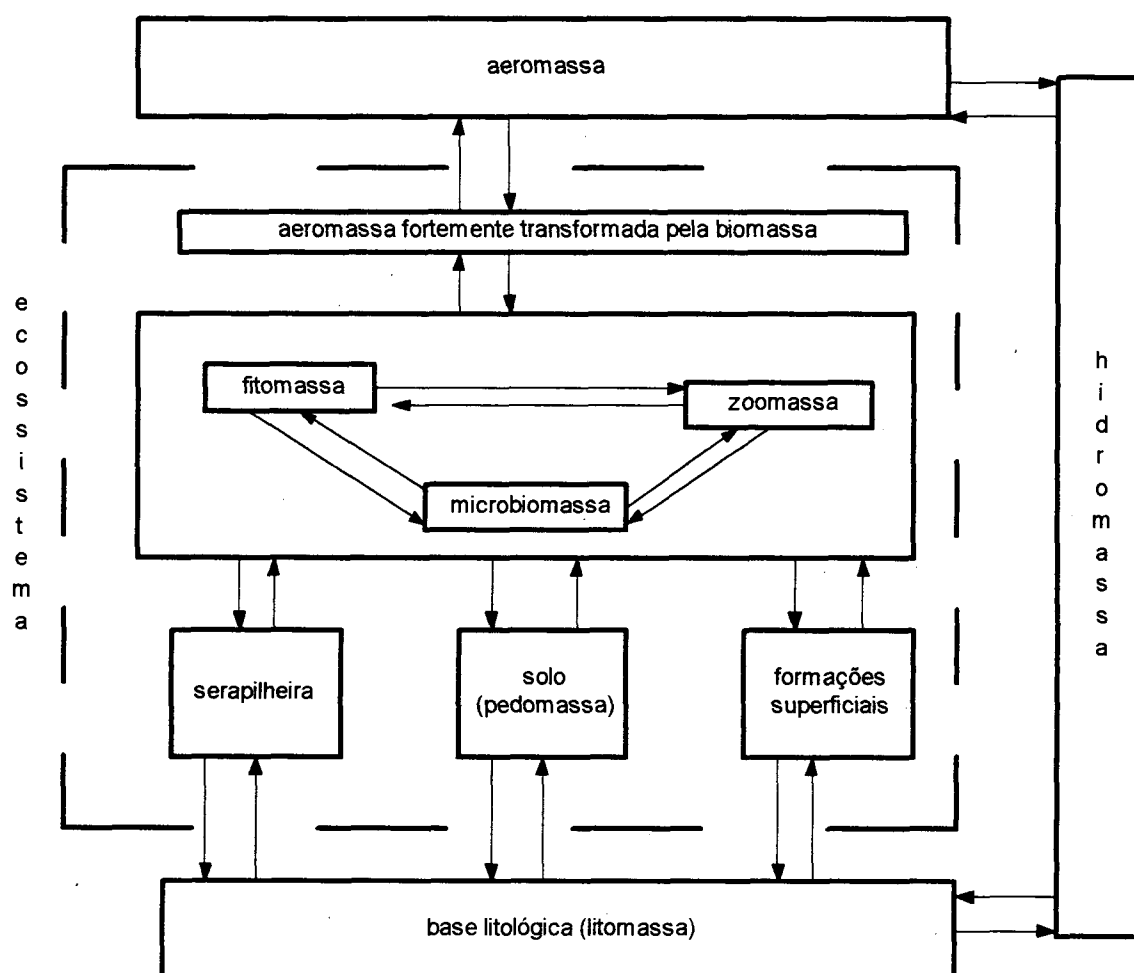


Figura 7 - Representação esquemática do Complexo Territorial Natural e do ecossistema, apresentada por BEROUTCHACHVILI e MATHIEU

Fonte : ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991, p.63

Posteriormente, Sukachev também desenvolve um ensaio teórico no qual a estrutura formada pela interação funcional entre a biocenose (conjunto dos elementos bióticos) e o seu ambiente é denominada de “biogeocenose”. Segundo TROPPIAIR (1990), tal conceito representa apenas uma variação terminológica em relação à idéia de ecossistema.

### 2.1.7 - A proposta australiana : um indício de abordagem sistêmica da paisagem

Durante a década de quarenta, o governo australiano desenvolveu um método próprio de investigação a fim de sanar a urgente necessidade de reconhecimento e tomada de posse da vasta área desconhecida do norte do país.

Tal método, conhecido como C.S.I.R.O.<sup>9</sup>, correspondia a uma classificação da paisagem, com alto grau de generalização (face as escalas de trabalho muito pequenas, de 1:1000.000, 1:500.000 ou 1:300.000), a partir de fotografias aéreas associadas a perfis selecionados do terreno com o objetivo de levantar dados de vegetação, solos, geologia e geomorfologia. Utilizava-se, para tanto, três níveis taxionômicos : o primeiro nível , classificando os chamados “land systems”, correspondia à delimitação das regiões naturais mais amplas; dentro dessas regiões, partia-se para a determinação do segundo nível, correspondendo as chamadas “land units”, o que, na prática, representam as unidades de relevo identificadas dentro de cada região natural. Por fim, o terceiro nível, ou “land facetes”, correspondem a sub-unidades da classe anterior.

Tal proposta teria por princípio um estudo integrado da paisagem, identificando-se as associações entre os seus diferentes elementos. Porém, como salientam ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI (1991), “(...) a tentativa não é verdadeiramente integrada, ainda menos global : ela procede por adição de estudos setoriais executados por especialistas de equipes multidisciplinares, explicando os estudos uns para os outros “(p.36). Além disso, TRICART (1979-a) promove uma severa crítica contra a utilização da “visão fisiográfica” como princípio da determinação de unidades espaciais:

---

<sup>9</sup> Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization



Derivada do conceito cíclico davisiano, ela contém todas as insuficiências metodológicas : os processos são negligenciados, e com eles, as influências climáticas e paleoclimáticas. Como consequência, a ótica dinâmica é fortemente limitada e reduz-se às grandes linhas de uma evolução geomórfica ao compasso do tempo geológico. O estudo fisiográfico reveste-se, em grande parte, de um caráter de inventário estático. (p.83)

Apesar da deficiência conceitual de tal método, a contribuição do C.S.I.R.O. torna-se relevante em dois pontos principais : em primeiro lugar, corresponde à primeira clara tentativa , em larga escala, de sistematização e classificação da paisagem e, em segundo lugar, apresenta uma postura (ao menos no plano teórico) de análise integrada dos elementos da paisagem, se bem que, como lembram ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI (1991, p. 38), "(...) o termo de landscape não seja jamais pronunciado, mas somente o de land".

## **2.2 - A construção de um modelo integrado da paisagem : a proposta geossistêmica**

Os cientistas, tal como a sociedade na qual eles se inserem e de onde extraem as suas mais profundas convicções, cometem por vezes lamentáveis enganos naquilo que diz respeito à construção do conhecimento.

Devemos, por certo, ser fiéis àqueles que têm a iniciativa e a capacidade de, no embate das idéias, fazer avançar o conhecimento; mas devemos principalmente estar atentos para não permitir que tais avanços sejam demasiadamente creditados a uma genialidade criadora, ao invés de um processo, árdua e historicamente construído.

A observação acima se justifica no sentido em que, para alguns autores, o paradigma geossistêmico parece ter nascido de uma súbita explosão de idéias que se teria processado, estranhamente, de forma paralela na França e na URSS.

Ao contrário, todo o resgate histórico que tem sido feito até o momento no presente trabalho, aponta para o fato de que a sistematização de um modelo integrado da paisagem no início da década de sessenta respondeu a uma necessidade que vinha

sendo colocada à ciência desde fins do século passado, mas que só se concretizou a partir do momento em que foi possível reunir todas as condições históricas para tal.

### 2.2.1 - O nascimento de uma proposta

Confrontada com problemas semelhantes aos da Austrália, a pesquisa soviética se encaminhou, desde a década de quarenta, para a construção de uma concepção metodológica que possibilitasse uma visão integradora dos elementos da paisagem.

As operações de geografia aplicada, consagradas à exploração de novas terras, representavam o campo de experimentação por excelência, que favorecia o desenvolvimento dessa tendência (ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991).

Coube a V.B. Sotchava, em 1963, o mérito da sistematização deste modelo integrado de análise da paisagem, denominando-o de geossistema (SOTCHAVA, 1977).

Apesar da complexidade da definição proposta por Sotchava, a mesma apresenta um caráter pioneiro na utilização de uma análise sistêmica aplicada ao estudo da paisagem. A aplicação da visão sistêmica a um ramo da geografia já havia sido feita por CHOLLEY (1950), através do conceito de "sistema de erosão", porém as idéias do autor, como afirmam BEROUTCHACHVILI e BERTRAND (1978), "(...) nunca passaram de aplicações ao quadro da geomorfologia bioclimática e, mais discretamente, no da biogeografia."(p.168)

O paradigma sistêmico, proposto por BERTALANFFY (1973) desde a década de 50<sup>10</sup>, tornou-se, assim, um pressuposto teórico à concepção do modelo geossistêmico, pois como afirma BERTRAND (1986), "a interdisciplinaridade, o globalismo, o ambientalismo, a análise dialética da natureza e da sociedade não puderam se desenvolver senão num ambiente científico dominado pelo espírito de sistema"(p. 282).

---

<sup>10</sup> A Teoria Geral dos Sistemas foi desenvolvida inicialmente nos Estados Unidos, por R. Defay, em 1929 (ARGENTO, 1984 ). Entretanto, as primeiras aplicações da Teoria de Sistemas, a partir da década de 30, foram feitas por Bertalanffy, nos campos da termodinâmica e da biologia.

Neste mesmo sentido, afirma TRICART (1977) :

o conceito de sistema (...) é o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma postura dialética entre a necessidade da análise - que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação - e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente. (p. 19)

No entanto, apesar do caráter pioneiro de Sotchava, foi a partir dos trabalhos de BERTRAND (1972-a) que o conceito geossistêmico ganhou mais consistência, atribuindo uma nova interpretação ao conceito de paisagem (WIEBER, 1987). Tal fato pode ser melhor compreendido à medida em que se analisa mais atentamente as condições históricas em que foram geradas as idéias de um e de outro.

Enquanto Sotchava apresenta uma proposta com objetivos nitidamente pragmáticos, visando ao conhecimento e à incorporação de novas terras ao sistema produtivo da URSS, Bertrand preocupa-se em contribuir para um avanço epistemológico da ciência da paisagem, apresentando uma proposta mais clara e melhor estruturada do que a do seu colega soviético. Aliás, é efetivamente a partir das idéias de Bertrand que a ciência da paisagem ganha um novo impulso na França, partindo para a construção de um corpo autônomo de conhecimentos. Diz BERTRAND (1972-b) : "A 'ciência da paisagem' se situa na confluência da geografia e da ecologia. E não é uma supersíntese, senão uma opção (...)" (p.468).

Neste sentido, a mensagem de Bertrand tem um endereço bastante conhecido: a ciência francesa tradicional, profundamente carregada de uma herança cartesiana que, como também salienta TRICART (1979-b), se fragmenta "(...) em uma multidão de pontos de vista setoriais cada vez mais limitados e parciais, com tendência a tornarem-se incompatíveis entre si (...)" (p.705).

A paisagem não poderia ser, então, tratada por um ramo específico da ciência, tampouco por um conjunto deles, mas sim por ciências denominadas por BERTRAND (1972-b) de "diagonais", ou seja, ciências que, superando a perspectiva verticalizada das disciplinas tradicionais, tratam o objeto de estudo de uma forma integrada, "(...) tratando

de descobrir as leis comuns a fenômenos de distintos gêneros e aparentemente sem relação” (BERTRAND, 1972-b, p.468). É com base neste entendimento que CRUZ (1985) afirma :

A ciência da paisagem não é uma síntese, não é uma superposição de cartas geomorfológicas, geológicas, etc... É um reagrupamento harmônico de ciências diagonais exprimindo os elementos da paisagem, com anastomoses e coordenações não somente juntando os resultados, mas confrontando-os, reunindo os fenômenos esparsos numa ciência do espaço dentro de uma preocupação taxionômica. (p.58)

Para RIMBERT (1973), o mérito de Bertrand reside no fato de o autor ultrapassar os estágios da descrição e da classificação, atingindo uma sistematização global dos elementos da paisagem e seus atributos, fato este que contribuiu enormemente para uma interpretação do complexo da paisagem mais próxima da realidade.

Apesar das inovadoras possibilidades que se abriam diante de tais propostas a sua aplicação posterior, em diferentes países, gerou uma imensa polissemia teórica e conceitual, reconhecida pelo próprio Bertrand alguns anos após : “A ciência do geossistema não constitui um objeto perfeitamente homogêneo. Cada ‘escola’ possui sua própria concepção da paisagem, sua própria problemática e utiliza sua própria linguagem” (BEROUTCHACHVILI e BERTRAND, 1978, p.168). Tal fato também é referido por GONZÁLEZ (1991), quando afirma que “(...) no emprego do termo geossistema existe na literatura geográfica um aparente caos terminológico, ainda que em muitas ocasiões se tratem de conceitos similares” (p.02).

Na tentativa de estabelecer uma linha metodológica definidora para o presente estudo, torna-se fundamental, face às divergências acima referidas, discutir alguns princípios básicos da teoria em questão.

### 2.2.2 - Fundamentos básicos da teoria geossistêmica

Pode-se conceituar um geossistema como sendo uma determinada porção da superfície terrestre, caracterizada por uma relativa homogeneidade<sup>11</sup> da sua estrutura, fluxos e relações, em comparação às áreas circundantes.

Este geossistema, para BERTRAND (1972-a), seria constituído por três conjuntos diferentes (figura 8) : o sistema geomorfo-genético (potencial ecológico), a dinâmica biológica e o sistema de exploração antrópica.

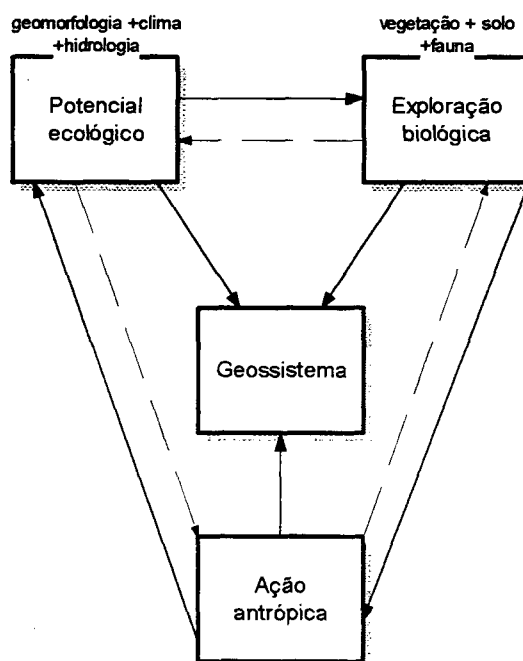


Figura 8 - Esquema de representação do Geossistema

Fonte : BERTAND, 1972-a, p.13

De uma forma mais sintética, CRUZ (1985), comenta que "(...) o geossistema é a projeção do ecossistema no espaço e seus enraizamentos no substrato abiótico"(p.58). Tal definição já adianta uma das características mais importantes a ser salientada

<sup>11</sup> segundo FERREIRA (1986), um sistema homogêneo, é um sistema "(...) cujas partes são ou estão solidamente e/ou estreitamente ligadas". É justamente esta característica de interligação entre os componentes de um mesmo sistema que representa a possibilidade de delimitação dos sistemas ambientais no espaço.

posteriormente, de diferenciação entre este conceito e o de ecossistema : as relações que se estabelecem entre os elementos abióticos entre si.

Da mesma forma que Bertrand, BOLÓS y CAPDEVILA (1992) também considera a presença de três subsistemas no interior do geossistema (figura 9) : o *subsistema abiótico*, composto pelos elementos sem vida e que contribui para

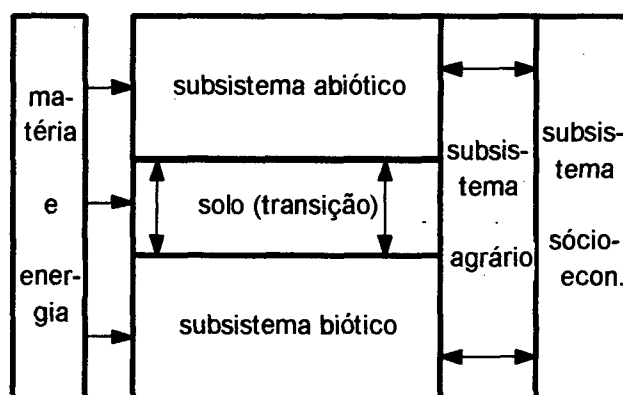


Figura 9 : Modelo geossistêmico apresentado por BOLÓS y CAPDEVILA

Fonte BOLÓS y CAPDEVILA, 1992, p.37

definir e estruturar o geossistema por incluir os elementos menos variáveis; o *subsistema biótico*, composto pelos elementos vivos e capazes de oferecer uma boa visão do funcionamento do geossistema e seu estado atual e, por fim, o *subsistema antrópico*, constituído pelos elementos criados pelo homem como condição à sua vida econômica e social. Entre estes subsistemas aparecem as zonas de transição, denominadas de "interfácies", sendo as mais importantes o *subsistema edáfico* (transição entre o biótico e o abiótico) e o *subsistema agrário* ou *agroecossistema* (transição entre os subsistemas naturais [biótico e abiótico] e o antrópico).

Esquema semelhante, porém bem mais simplificado, é apresentado por Beroutchachvili (apud ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991, p.63), que traduz o geossistema como uma associação do Complexo Territorial Natural de Dokuchaev com a ação antrópica (figura 10).

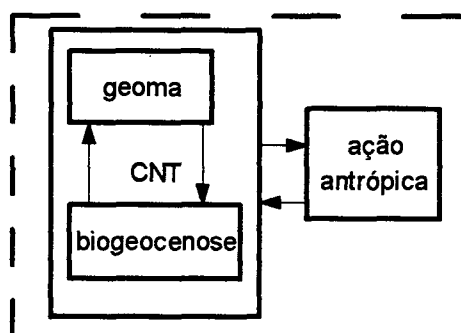


Figura 10 - Representação do geossistema proposta por Beroutchachvili

Fonte : adaptado de BOLÓS y CAPDEVILA, 1992, p.37

Já, para Preobrazhenskii, a representação do geossistema parece confundir-se com a do CNT, atribuindo um caráter absolutamente naturalizante à proposta (figura 11).

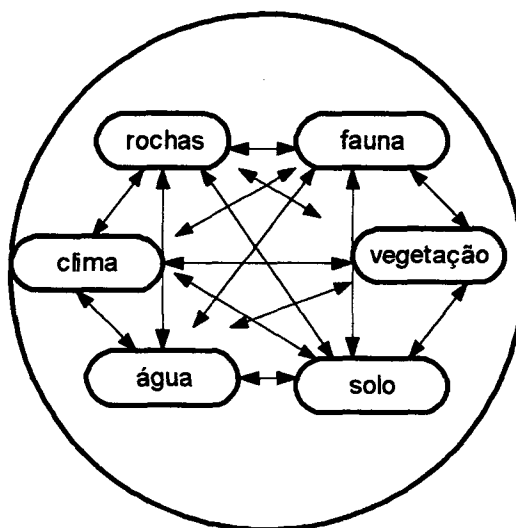


Figura 11 - Representação do Geossistema segundo Preobrazhenskii

Fonte : BOLÓS y CAPDEVILA, 1992, p.37

Para MONTEIRO (1995), a idéia principal refere-se ao fato de que os geossistemas são “(...) ‘manchas’ dotadas de alguma solidariedade espacial, plasmada sobretudo pela ação humana” (grifo do autor). A partir desta perspectiva e, com base na proposta apresentada por KOESTLER (apud MONTEIRO, 1995, p.106) e ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI (1991, p. 62), foi possível elaborar um esboço teórico próprio da concepção do geossistema para o presente trabalho ( figura 12 ), onde aparecem representadas as principais características pertinentes ao geossistema.

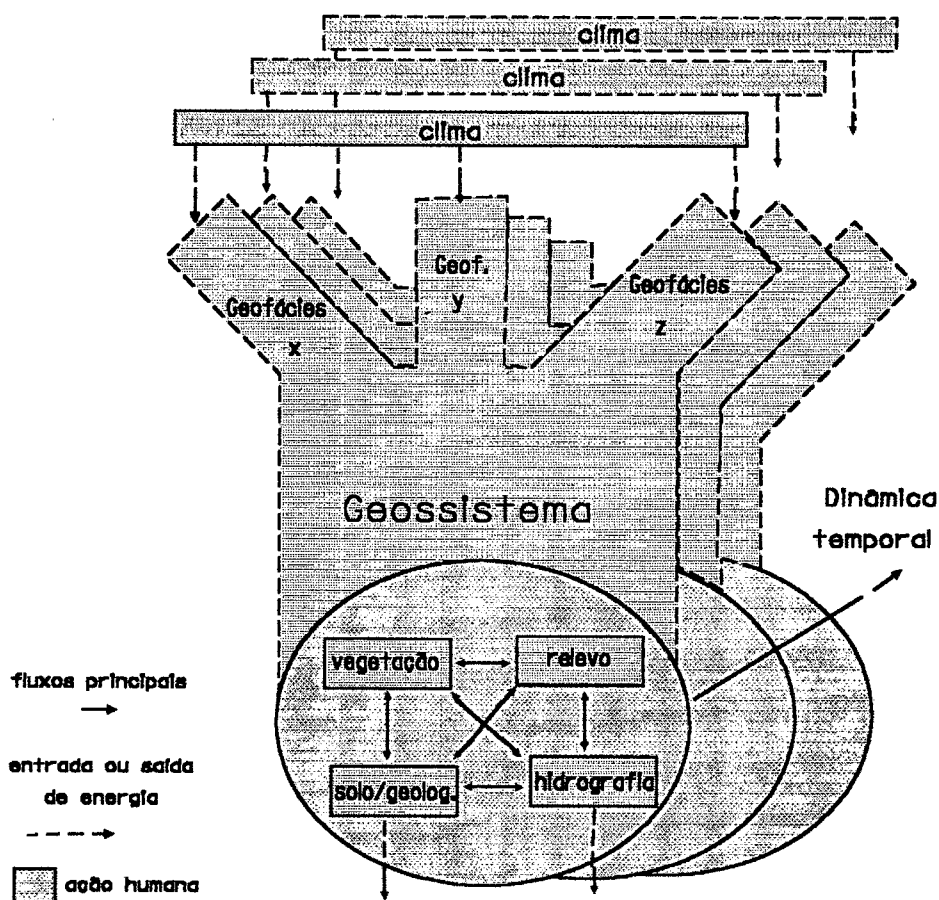


Figura 12 - Concepção geossistêmica adotada neste trabalho



É sempre arriscado tentar reduzir relações tão complexas como as que envolvem a estruturação e o funcionamento da paisagem a um esquema. Porém, no presente caso, a necessidade da simplificação se impõe, apesar de todos os riscos daí advindos, a fim de que os elementos e os processos possam ser melhor visualizados.

Analisada dentro de uma visão sistêmica, a paisagem (ou o seu modelo teórico, o geossistema) apresenta quatro características principais de organização :

1º - CARÁTER MULTIVARIÁVEL : cada sistema é composto por um determinado número de variáveis, proporcionalmente ao nível de generalização adotado. No caso do geossistema, que apresenta um número de variáveis dos mais elevados em função da complexidade do conteúdo paisagístico, há a necessidade de que se estabeleça uma seleção entre elas, seja em função da informação de que se dispõe (que por sua vez relaciona-se diretamente com o nível das observações feitas sobre a realidade), seja pela importância assumida por cada uma das variáveis na estruturação do sistema.

Cada uma destas variáveis pode ser considerada, por sua vez, numa outra escala, também como um sistema, de tal forma que, como afirma BERTRAND (1986), "o elemento não é mais elementar e ele possui sua própria complexidade" (p.285).<sup>12</sup>

Em relação às variáveis colocadas como constituintes do geossistema, cabe analisar mais detidamente uma em especial : a ação antrópica.

Na concepção original do geossistema proposta por Sotchava, o mesmo é colocado como um sistema natural, embora, como lembra CRUZ (1985): "é um sistema natural que experimenta, no momento da pesquisa, o impacto do ambiente social, econômico e tecnológico" (p.57). Neste caso, as pesquisas desenvolvidas com base neste entendimento garantem ao homem, no máximo, o papel de agente externo, na maior parte das vezes tratado em termos de antagonismo entre sistemas opostos.

---

<sup>12</sup> A noção de complexidade é tomada normalmente segundo critérios aparentes de dificuldade, o que constitui um grave erro conceitual. Certamente não é possível abrir aqui, o espaço necessário a essa discussão. Assim sendo, as referências feitas à complexidade dos sistemas ambientais deve ser entendida muito mais no sentido de um comportamento complexo, como sugerem PRIGOGINE e STENGERS (1991), do que propriamente de uma complexidade "orgânica " ao sistema ( esta sim, carente de uma discussão mais aprofundada).

Já, na proposta inicial de Bertrand, a ação antrópica é entendida como parte constituinte do jogo de relações que estruturam o geossistema. Alguns anos mais tarde (BEROUTCHACHVILI e BERTRAND, 1978), porém, o autor promove uma avaliação crítica da evolução da proposta geossistêmica, retirando da sua idéia original a presença do homem como parte constituinte do geossistema, relegando este, muito provavelmente por influência dos seus colegas soviéticos, a simples “interpretação geoquímica” e matemática. Sobre este mesmo artigo, MONTEIRO (1995) comenta :

Um dos aspectos interessantes a assinalar são as limitações de que se revestem ainda aquelas escolas européias no que se refere ao que é tratado na segunda parte do artigo : O Geossistema e a Análise Social, onde se focaliza a dificuldade em ‘antropizar o geossistema’. (p.39)

Neste artigo Bertrand parece abandonar a possibilidade de criação de um modelo teórico integrado por meio da proposta geossistêmica para dedicar-se exclusivamente à análise da paisagem, tida por ele como produto de construção social ou, como ele mesmo afirma, “uma interpretação social da natureza”.

O geossistema e o ecossistema são dois conceitos diretamente quantitativos fundados sobre as medidas e o estabelecimento de balanços energéticos; a paisagem é intrinsecamente ligada à idéia de qualidade que se exprime a partir de um sistema de valor social (se bem que alguns de seus componentes sejam quantificáveis). (BEROUTCHACHVILI e BERTRAND, 1978, p.250).

Já, em data anterior (BERTRAND, 1975), ao analisar os elementos do quadro rural francês, o autor afirma poder-se distinguir três “subconjuntos” : o potencial abiótico, a exploração biológica e a utilização antrópica, e afirma tratar-se, o tal quadro, de um tipo particular de ecossistema, qualificado por ele como “agrossistema”. Ao longo deste trabalho o termo geossistema não é referido uma única vez, muito embora todas as suas características (BERTRAND, 1972-a) sejam imputadas alternada e indiscriminadamente à paisagem e ao agrossistema.

Mesmo assim, o autor, em 1986, voltava a comentar que “a antropodependência direta ou indireta dos geossistemas é um fato quase geral. (...) É preciso ultrapassar o

esquema da natureza - clímax e da intervenção humana desestabilizadora”(BERTRAND e BERTRAND, 1986, p.305). Efetivamente, esta tem sido a tendência principal nos trabalhos de aplicação da proposta geossistêmica nos últimos anos, a tal ponto que MONTEIRO (1995) chega a colocar como premissa básica à modelização do geossistema a “montagem (do modelo) sob perspectiva de um Sistema Singular Complexo onde os elementos sócio-econômicos não sejam vistos como um OUTRO sistema, oponente e antagônico, mas sim incluído no próprio sistema” (p.33).

A partir destas afirmações, pode-se concluir que “(...) a ação integrada do homem com o meio define as características que individualizam o geossistema (...)” (O GEOSSISTEMA, 199\_, p.15).

Esta mesma postura é defendida por GONZÁLEZ (1991), CHRISTOFOLETTI (1981) e ORELLANA (1985), esta última afirmando claramente que “a ótica deve ser sempre antropocêntrica” (p.31).

Assim sendo, entende-se o homem como parte indissociável do geossistema, onde atua não simplesmente como mais um componente biótico, mas como um “organizador e promotor de relações” que se refletem diretamente sobre a distribuição e o comportamento de todos os demais elementos pois, como lembra CASSETI (1991), “(...) o homem não é apenas um habitante da natureza; ele se apropria e transforma as riquezas da natureza em meios de civilização histórica para a sociedade” (p. 14).

Malgrado todas estas aspirações metodológicas, MONTEIRO (1995) nos lembra que a integração da atividade humana aos elementos naturais nos trabalhos de aplicação da proposta geossistêmica “é uma dificuldade já crônica, lembrada e lamentada de modo recorrente, mas quase impraticável por tão pouco praticada” (p.65).

2° - CARÁTER GLOBAL DE TOTALIDADE : tal característica refere-se ao fato de que nunca um sistema será simplesmente a soma dos seus elementos, visto que, como afirma BRANCO (1989), “(...) o sistema é um todo não redutível a suas partes. O todo é mais que uma forma global : ele implica o aparecimento de qualidades emergentes as quais não existiam nas partes” (p.66).

Tal princípio já se encontra na obra de PASSARGE (1931), quando o autor formula os conceitos básicos acerca da inter-relação entre os elementos naturais.

Este princípio é reforçado por TRICART (1977), quando o autor afirma :

(...) um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. (p.19).

3° - ESTRUTURAÇÃO POR NÍVEIS : tal como já se comentou anteriormente, cada variável do sistema, conforme a escala considerada, se apresenta como um outro sistema particular. Isto permite considerar a existência de diferentes sistemas hierarquicamente inseridos uns nos outros, formando uma cadeia taxionômica desde as menores unidades, indivisíveis<sup>13</sup>, até a maior de todas, ou seja, o conjunto global da superfície da Terra, ou como salienta MAYSTRE (1980), cada elemento de um sistema pode ser considerado como um sistema à parte, da mesma forma que qualquer sistema pode ser considerado como um elemento de um sistema de ordem hierárquica superior.

BERTRAND e DOLFFUS (1973) consideram que o estabelecimento de uma taxionomia embora represente um meio da pesquisa e não um fim, é a única maneira de se passar da "monografia" ao "modelo".

Por outro lado, esta é, provavelmente, uma das maiores dificuldades que envolve a aplicação do conceito geossistêmico, face a dificuldade, de um lado, de interpretação quando não a impraticabilidade das classes taxionômicas propostas por Sotchava e Bertrand e, de outro, de oferecer uma alternativa compatível com uma variedade diversificada de ambientes. Quanto a Sotchava, as classes taxionômicas apresentadas são absolutamente enigmáticas, visto que carecem de uma total definição e dimensionamento. Tentando decifrá-las, TRICART (1979-a) comenta : "o 'cinturão' dividir-se-ia em dois geomas, mas, na classificação existem, entre cinturão e geomas, nada menos que oito níveis intermediários (...). Admitimos a nossa completa incompreensão (...)" (p.88).

---

<sup>13</sup> um sistema não pode dividir-se indefinidamente, pois a partir de certo limite, não mais estaremos trabalhando com um todo integrado, mas com suas partes.

Quanto a BERTRAND (1972-a), o estabelecimento da classificação proposta é visivelmente mais simples do que aquela apresentada por Sotchava, mas nem por isso apresenta-se menos problemática. O autor estabelece três categorias para as chamadas unidades superiores (pequena escala) e três categorias para as unidades inferiores (grande escala). Para tanto, o autor tomou a escala temporo-espacial de inspiração geomorfológica de CAILLEUX e TRICART ( apud TRICART, 1965 ) como base de referência para as diferentes classes de hierarquia da paisagem. Essa escala possui sete divisões (GI a GVII), sendo as maiores regiões do Planeta consideradas na GI, até os pequenos espaços na GVII.

Desta forma, as classes propostas por Bertrand, das maiores para as menores, são : zona ( GI ), domínio ( GII ), região natural ( GIII - IV ), geossistemas ( GIV - V ), geofácies ( GVI ) e geotopos ( GVII ). Destas, o esforço intelectual do autor é dirigido fundamentalmente às unidades inferiores. Estas, por sua vez, elaboradas segundo a diferenciação fisiográfica pesquisada na cadeia dos Pirineus, encontram problemas de aplicabilidade em outras regiões ou continentes. De qualquer forma, como comenta BERTRAND (1972) :

A delimitação não deve nunca ser considerada como um fim em si, mas somente como um meio de aproximação com a realidade geográfica. Em lugar de impor categorias preestabelecidas, trata-se de pesquisar as discontinuidades objetivas da paisagem. (p.08)

Por serem as classes de melhor aplicabilidade, além de serem as mais bem descritas e trabalhadas, teórica e metodologicamente, o geossistema e as geofácies constituirão o objeto de análise para o presente estudo.

O geossistema, segundo a proposta de Bertrand, corresponde a uma unidade de paisagem temporo-espacial compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados, composta por um número variável de unidades menores chamadas de geofácies, as quais aparecem dispostas conforme um “mosaico mutante”, de acordo com as mudanças de estado que vão se processando no interior do geossistema ao longo do tempo. Deste modo, como afirma BERTRAND (1972a), “o

geofácies representa uma pequena malha na cadeia das paisagens que se sucedem no tempo e no espaço no interior de um mesmo geossistema” (p.16).

O geofácies, na verdade, corresponde a um setor fisionomicamente homogêneo no interior de um geossistema, no qual se desenvolve uma mesma fase da evolução geral deste geossistema. Portanto, a diferenciação interna da unidade geossistêmica responde por uma entrada diferenciada de matéria e energia em seu interior, gerando uma dinâmica interna própria.

Por esta dinâmica interna, o geossistema não apresenta necessariamente uma grande unidade fisionômica. Na maior parte do tempo, ele é formado de paisagens diferentes que representam os diversos estágios da evolução do geossistema. (BERTRAND, 1972a, p.16)

O geossistema, dessa forma, enquanto unidade de paisagem espacialmente delimitada, comporta uma relação dialética de homogeneidade X diferenciação, ou seja, enquanto o geossistema apresenta uma heterogeneidade fisionômica interna<sup>14</sup> (embora os seus elementos estejam estreitamente interligados, sendo solidários entre si) graças aos ritmos diferenciados de evolução das suas partes, o geofácies corresponde a uma parte deste geossistema, fisionomicamente homogênea e interligada com as demais por trocas de matéria e energia. “A diminuição ou a entrada de outras energias conduzem à formação de fácies, enquanto que o desaparecimento destas entradas conduz à homogeneização de todo o sistema” (BOLÓS y CAPDEVILA, 1992, p.42). Como diz BERTRAND (1972a), “(...)geo’sistema’ acentua o complexo geográfico e a dinâmica do conjunto; geo’fácies’ insiste no aspecto fisionômico (...)” (p.11). Sotchava chega a comparar estas “fácies” com moléculas a partir das quais se constróem as paisagens.

Ainda é possível se falar em uma diferenciação vertical do geossistema, enfatizada por BEROUTCHACHVILI e RADVANYI (1978). Para tanto, poder-se-ia estabelecer diferentes estratos (denominados pelos autores de “geohorizontes”) a partir de princípios geoquímicos (as variações geoquímicas ao longo do perfil vertical

---

<sup>14</sup> ETTER (199\_) nos lembra que são justamente os gradientes os responsáveis pelo desencadeamento dos processos ecológicos. Desta maneira, diz o autor, “(...) a análise dos padrões de heterogeneidade espacial estrutural deve ser a base para a análise funcional de ecossistemas” (p.32).

possibilitariam a definição dos estratos), de distribuição de massas ou ainda de energia. Face a difícil aplicabilidade de tal estratificação, visto que a mesma só é possível a partir de medições relativamente precisas, esta taxionomia ainda representa uma área inacessível à maior parte dos pesquisadores que se dedicam ao estudo dos geossistemas.

4° - DINÂMICA PRÓPRIA : face às entradas diferenciadas no espaço e no tempo de matéria e energia, cada geossistema desenvolve uma dinâmica interna própria. Bertrand se utiliza da teoria bioresistásica de ERHART (1955) para estabelecer uma diferenciação entre os geossistemas segundo a dinâmica apresentada, classificando-os em estáveis (em biostasia), onde a evolução é comandada pelos elementos bióticos e geossistemas instáveis (em resistasia), onde a evolução é comandada fundamentalmente pelos elementos abióticos. A partir destas duas classes, o autor propõe o estabelecimento de seis subclasses, a fim de abarcar os diferentes níveis de intensidade.

A esta proposta de Bertrand, TRICART (1979a) desenvolve a seguinte crítica : "não existe na natureza, oposição brutal desses dois casos extremos mas um 'continuum', rico em feições, caracterizado por uma contradição dialética entre princípios de estabilidade (...) e princípios de instabilidade(...)" (p.90).

É, efetivamente, esta dinâmica própria de cada geossistema, fruto de relações singulares que se estabelecem diferenciadamente de um lugar para o outro, que constitui a característica mais importante da unidade geossistêmica, visto que só pode ser determinada a partir do entendimento dos diferentes processos que ocorrem naquele espaço, ao longo do tempo. Para tanto, BERTRAND (1972a) nos previne para o fato de que

Seria certamente um mau método querer superpor, seja pelo método cartográfico direto, seja pelo método matemático (sistema de rede), o máximo de unidades elementares para destacar daí uma unidade 'média' que não exprimiria nenhuma realidade por existir a estrutura dialética das paisagens. Ao contrário, é preciso procurar talhar diretamente a paisagem global tal qual ela se apresenta. (p.09)

A partir desta idéia de dinâmica do geossistema, dois conceitos assumem uma importância considerável : o *funcionamento* e o *comportamento* do geossistema. O

primeiro, refere-se ao conjunto de transformações ligadas à entrada de matéria e energia em cada geossistema, em um determinado momento. Dessa maneira, o estudo do funcionamento permite a identificação do “estado” atual em que se encontra o geossistema, o que significa na realidade, captar o “arranjo” das diferentes variáveis num determinado momento do espaço e do tempo.

Já, o “comportamento”, refere-se à sucessão de diferentes estados em um período de tempo ou como afirmam BEROUTCHACHVILI e BERTRAND (1978) :

Cada geossistema se define por uma sucessão de estados dentro do tempo (...). Cada ‘estado’ corresponde a uma estrutura e a funcionamento, gerando uma certa situação no espaço. Isso significa que não é possível separar o aspecto temporal do aspecto espacial. (p.173)

A afirmação acima levou os autores à conclusão de que “o geossistema é uma abstração e um conceito. O ‘estado’, por outro lado, é uma realidade objetiva e mensurável que se inscreve, por sua vez, no tempo e no espaço” (BEROUTCHACHVILI e BERTRAND, 1978, p.174).

A dinâmica gera fluxos, fluxos estes que são mensuráveis a partir de instrumental adequado. O desafio aos pesquisadores consistiria, então, em definir uma única unidade de medida para todas as variáveis, a fim de que as mesmas possam ser comparadas entre si. Esta preocupação aparece no trabalho de BEROUTCHACHVILI e RADVANYI (1978); quando os autores comentam :

É, pois, indispensável que seja definido agora um método de pesquisa que seja próprio à ciência dos geossistemas, que seja um método que descreva e meça todos os componentes do geossistema de um mesmo ponto de vista, de forma a reunir efetivamente todos os fatores. É somente assim que pode-se falar da existência e da unidade dos geossistemas dentro da natureza. (p.182)

Desde a década de 70, a partir da moderna *teoria da informação*, é possível estabelecer relações entre a quantidade de *informação* e de *entropia*<sup>15</sup> presentes no

---

<sup>15</sup> Com base na segunda lei da termodinâmica, a “entropia” corresponde à capacidade da energia em se degradar , ou em outras palavras, corresponde à desordem gerada pelo comportamento aleatório das



interior de um sistema.

Com base neste princípio, a URSS instalou várias bases de coletas de dados denominadas de estações físico-geográficas. A partir destas estações altamente aparelhadas, é possível a quantificação dos fluxos de matéria e energia presentes no interior de um geossistema, para que a partir daí possam ser analisados os graus de informação e/ou entropia. Nos locais onde tal tendência encontra-se mais desenvolvida, como no Instituto de Geografia de Moscou, a equipe de pesquisadores chefiada por Preobrazhenskii, chega mesmo a evocar uma “cibernética da paisagem” ( ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991, p.63).

Duas questões emergem desta discussão : em primeiro lugar, nos parece pertinente o questionamento de até que ponto é possível transformar a interferência antrópica no geossistema em simples fluxos de energia ?<sup>16</sup> Obviamente que toda a ação envolve um gasto de energia e um deslocamento de matéria. No entanto, deve-se ter consciência de que as relações entre os indivíduos e, por conseguinte, destes com a natureza, envolvem muito mais do que simples trocas energéticas, pois que devem ser levados em consideração também todos os princípios éticos e culturais que norteiam as atividades humanas, no bojo das quais se inserem os princípios da política e da economia. É muito provável que em tais complicadores resida a causa da ausência do homem no modelo geossistêmico apresentado por Preobrazhenskii (figura 11 ).

Em segundo lugar, admite-se hoje que apenas na URSS foi possível desenvolver tal linha de pesquisa, face ao elevado nível de complexidade da aparelhagem necessária às medições (BEROUTCHACHVILI e BERTRAND, 1978). Com base nisto, é de se esperar que os demais países promovam o desenvolvimento de outras metodologias que,

---

partículas envolvidas em uma troca energética. Por outro lado, a “informação” corresponde a uma entropia negativa ou “neguentropia” (BRANCO, 1989), isto é, a capacidade das partículas se reorganizarem, permitindo obter-se ordem a partir da desordem, com base num processo de substituição de parte da entropia. Este é, antes de mais nada, um dos princípios básicos da Teoria dos Sistemas.

<sup>16</sup> Se pensarmos que o ato de quantificar é antecedido por uma eleição de variáveis, eleição esta que se dá com base em conceitos previamente definidos e para os quais se procede todas as etapas da investigação, a transformação do conjunto dos processos em índices de intensidade de fluxos, parece representar uma valorização do produto sobre o produtor.

sem serem necessariamente monográficas, permitam a compreensão do complexo paisagístico sem um investimento tão alto de capital e tecnologia.

Dentro da própria URSS já surgem alternativas neste sentido, como, por exemplo, a proposta de BEROUTCHACHVILI e RADVANYI (1978), onde os autores esboçam a proposta de um método simplificado (embora não simplista, como eles mesmo afirmam), através da indexação das variáveis da paisagem, ou seja, a cada elemento da paisagem são atribuídos alguns índices reveladores do seu estado ou funcionamento, tais que eles sejam observáveis sobre o terreno. Dessa forma, é possível se ter um perfil de como estão "arranjados" os elementos da paisagem, sem que para isto se façam necessárias medidas ou equipamentos muito precisos.

### 2.2.3 - A revolução geossistêmica.

O título provocativo desta seção se justifica na medida em que consideramos o fato de que o geossistema, enquanto conceito teórico, incorpora e ultrapassa a noção de ecossistema, colocando-se como o paradigma mais atual para a espacialização da problemática ambiental. Isso, sem dúvida, corresponde a uma Revolução Científica (KHUN, 1994)<sup>17</sup>, embora muitos naturalistas ainda se recusem a aceitá-la.

Enquanto o geossistema representa o sistema modelo da paisagem, o ecossistema corresponde ao sistema modelo da parte biótica do geossistema e, portanto, sem expressão territorial e com aplicabilidade substancialmente menor. Assim declara BOLÓS y CAPDEVILA (1992) :

---

<sup>17</sup> A idéia de "revolução" pode parecer, a primeira vista, um tanto quanto exagerada. No entanto, é o próprio KUHN (1994) que afirma : "a introdução deste ensaio sugere a existência de revoluções grandes e pequenas, algumas afetando apenas os estudiosos de uma subdivisão de um campo de estudos" (p.74). Não satisfeito com a afirmação, o autor volta a enfatizar logo adiante : " Para mim, uma revolução é uma espécie de mudança envolvendo um certo tipo de reconstrução dos compromissos de grupo. Mas não necessita ser uma grande mudança, nem precisa parecer revolucionária para os pesquisadores que não participam da comunidade (...). É precisamente porquê este tipo de mudança (...) ocorre tão regularmente nesta escala reduzida, que a mudança revolucionária precisa tanto ser entendida, enquanto oposta às mudanças cumulativas" (p.225). Neste contexto, encarar o surgimento da proposta geossistêmica como um simples "acréscimo" de conhecimento, ignorando os seus pontos de ruptura frente ao paradigma anterior é, no mínimo, exaltar a linearidade do conhecimento.

O ecossistema, como diz R. Margaief (1974), não designa uma unidade concreta, definida, na superfície terrestre, senão somente um nível de organização, como os que definem o nível da célula, do órgão ou do organismo. Se trata, pois, de um modelo teórico à margem do espaço e do tempo, e aplicável tanto a todo um oceano como a uma gota de água, agora ou em qualquer momento da história. (p.10)

Quando da formulação do conceito de geossistema, BERTRAND (1972a) já comentava : “o ecossistema não tem escala nem suporte espacial bem definido. Ele pode ser o oceano, mas também pode ser o pântano com rãs. Não é portanto um conceito geográfico” (p.06). Efetivamente, o ecossistema refere-se a uma perspectiva biocêntrica e parcial da realidade da paisagem, desconsiderando as relações que se estabelecem entre os elementos abióticos entre si, e colocando o homem como fornecedor externo de energia (quase sempre desestabilizadora) ou apenas como mais um dos elementos da parte biótica (figura 13).

As razões destas diferenças apresentadas residem seguramente nas origens de um e de outro conceito, visto que os mesmos representam momentos históricos diferenciados. Para TRICART (1979a) :

(...) antes de tudo, a paisagem é originalmente um ser lógico espacial, concreto. Apenas tardiamente ela adquiriu a dimensão lógica de um sistema. Ao contrário, o ecossistema é, desde seu nascimento, um ser lógico caracterizado por uma estrutura de sistema. Ele não tem dimensão, ele não é espacializado, ele não é concreto. É um ser de razão, como uma fórmula matemática, embora infinitamente mais complexo. A noção de ecossistema está assim afetada por uma carência - a ausência de um caráter concreto e, em decorrência, a de espacialização. (p.86)

Por outro lado, o próprio autor afirma em outra ocasião :

Os biólogos não tem nenhuma razão específica para por em primeiro plano os aspectos espaciais e atribuir uma importância primordial aos problemas de extensão e distribuição. Por isso o conceito de ecossistema não tem suporte espacial. É adimensional. (TRICART, 1979b, p.475)

Seria por demais evidente afirmar que ambos os conceitos se destinam a análises absolutamente diferenciadas. Poder-se-ia até afirmar que o conceito de geossistema

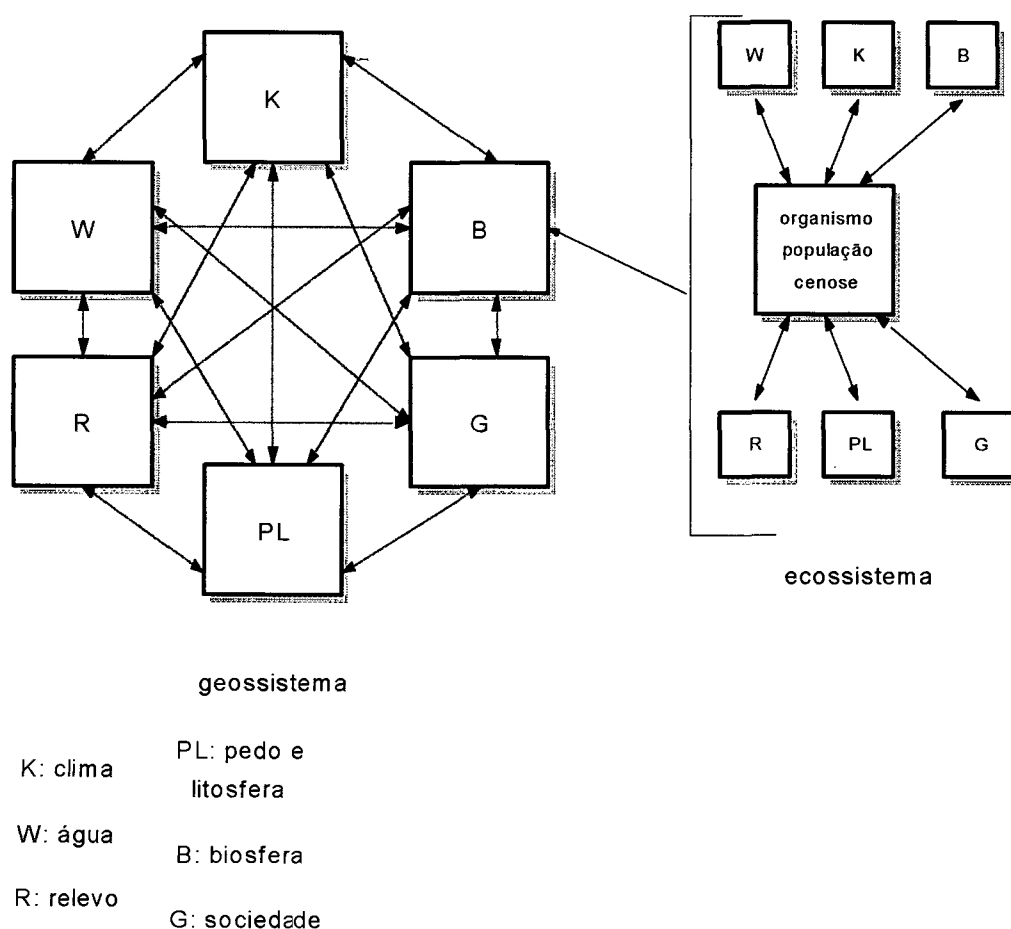


figura 13 - Esquema de diferenciação entre um Geossistema e um Ecossistema

Fonte : ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991, p.62

corresponde a uma integração do conceito de ecossistema, dinâmico mas carente de espacialização, e de paisagem, com caráter espacial mas carente de dinamismo.

O que não parece tão evidente, nem justificável, é o motivo que leva diferentes pesquisadores a utilizarem o ecossistema como recorte espacial de grande parte dos trabalhos que versam sobre estudos do meio. Tal fato não tem contribuído para que se faça avançar o estudo dos geossistemas em um ritmo que seria desejável.

Mesmo assim, grandes esforços têm sido desenvolvidos no Brasil. Entre eles, encontramos os trabalhos de MOTTI e MOTTI (1973), MONTEIRO (1982) e MONTEIRO

et al (In: BAHIA, 1987), CARDOSO da SILVA (In : IBGE, 1994), TROPPEMAIR (1983) e VEADO (1989).

Mais recentemente, é possível que o depoimento dado por MONTEIRO (1995) acerca da procura de um caminho metodológico para o estudo geossistêmico possa contribuir no sentido de uma reavaliação crítica dos conceitos utilizados na análise ambiental.

### **CAPÍTULO 3 - A OCUPAÇÃO E A EVOLUÇÃO DA PAISAGEM NA SUB- BACIA DOS ARROIOS PICADINHO E PASSO DAS TROPAS**

A produção material através da qual se transforma a natureza e se constrói o homem como ser histórico, não é um aspecto passageiro de uma cultura, mas sim a constante história de todas as culturas. (MAYA, 1987,p.18)

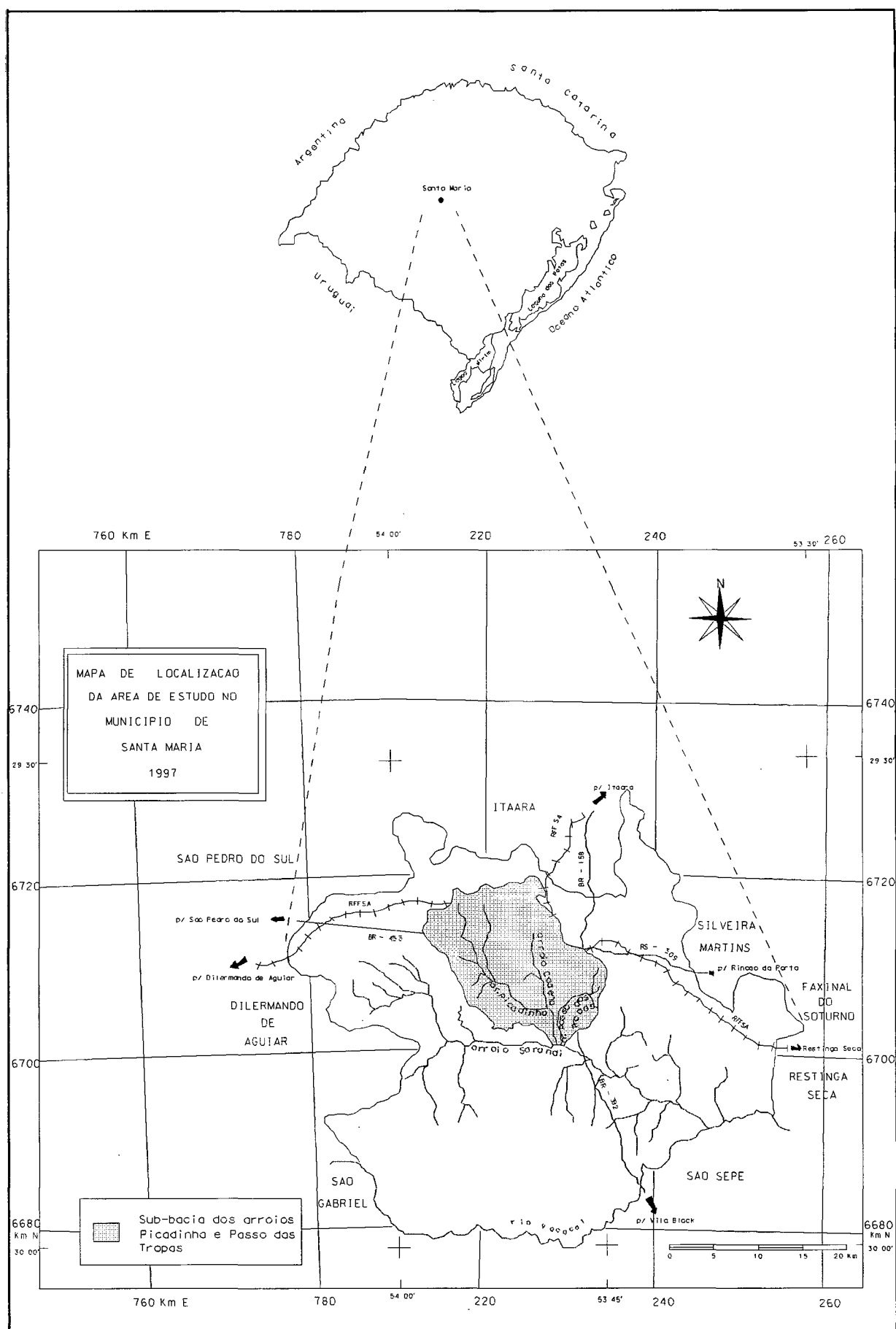
#### **3.1 - Apresentação da área**

A sub-bacia hidrográfica dos arroios Picadinho e Passo das Tropas situa-se no município de Santa Maria - RS (mapa 1 e anexo 1), sendo os seus formadores afluentes do Arroio Arenal, o qual é afluente do rio Vacacaí; este, por sua vez, afluente do rio Jacuí, um dos formadores da Bacia Atlântica.

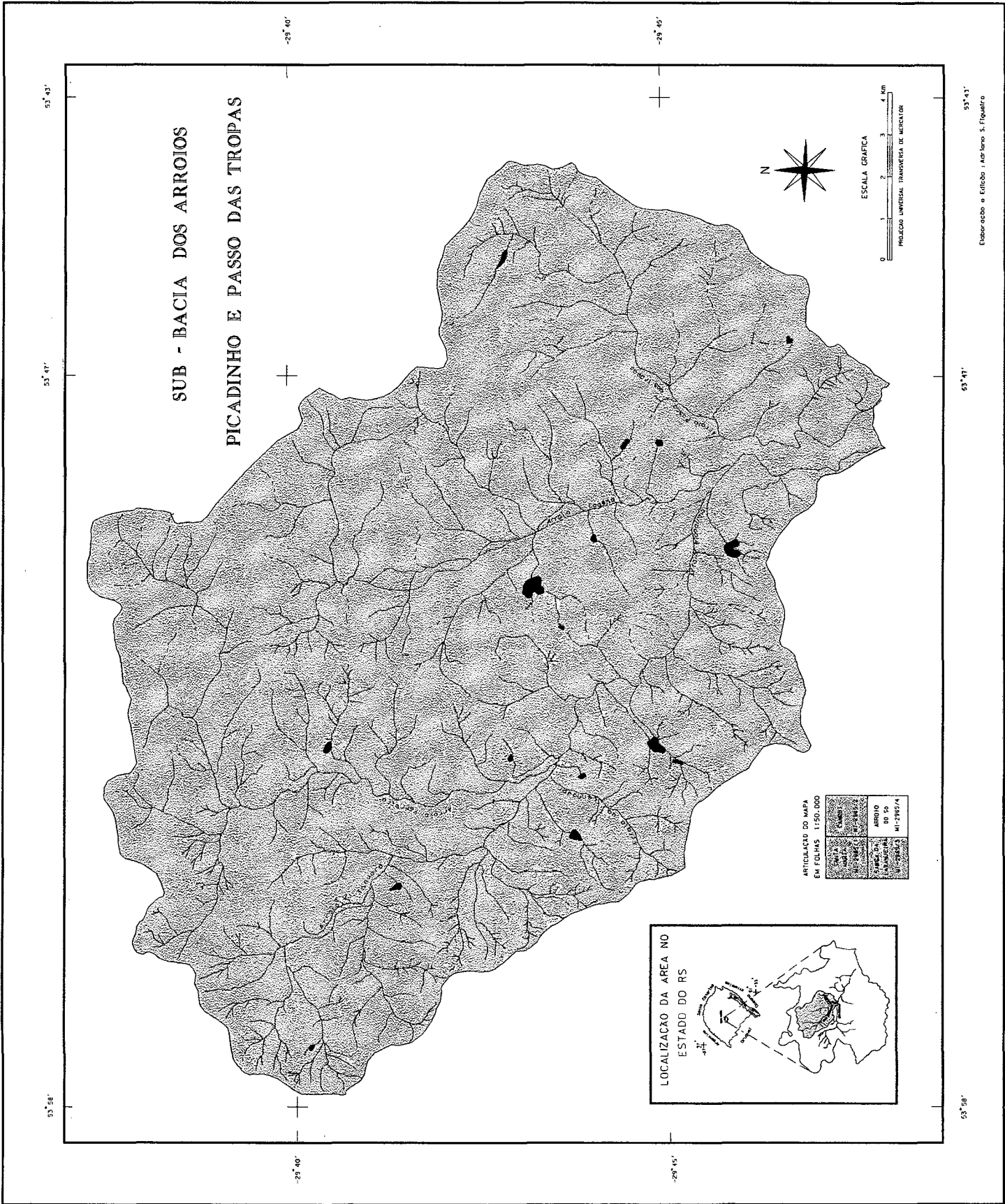
A área de estudo está localizada entre as coordenadas de 53° 44' 07" e 53° 57' 54" de longitude oeste e 29° 37' 18" e 29° 47' 57" de latitude sul, apresentando uma área total de 256,53 Km<sup>2</sup> ou 25.653 ha (mapa 2 e anexo 2) e englobando partes das zonas urbana e rural do município de Santa Maria.

Geomorfologicamente, a área apresenta uma transição entre a Escarpa Arenito - Basáltica da Serra Geral e a Depressão Periférica Sul - Riograndense (figuras 14 e 15). Tal situação, além de contribuir no sentido da diversificação das paisagens, também serve como marco de referência ao processo de urbanização que se desenvolve no município, pois como afirma MACIEL FILHO (1990), "(...) a ocupação mais espontânea dos espaços da cidade de Santa Maria obedece a alguns limites físicos, como a serra e as áreas inundáveis dos arroios Cadena e Vacacaí - Mirim" (p. 07).

Devido a esta característica de sua morfologia, a área apresenta duas porções nitidamente diferenciadas. De um lado, encontra-se a Escarpa Arenito - Basáltica da Serra Geral, também conhecida como Rebordo ou Encosta do Planalto. De outro lado, na porção sul da área considerada, aparece a Depressão Periférica Sul - Riograndense, também conhecida como Depressão Central.



Mapa 1- Localização da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas no município de Santa Maria e no estado do RS



Mapa 2 - Rede hidrográfica da Sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas



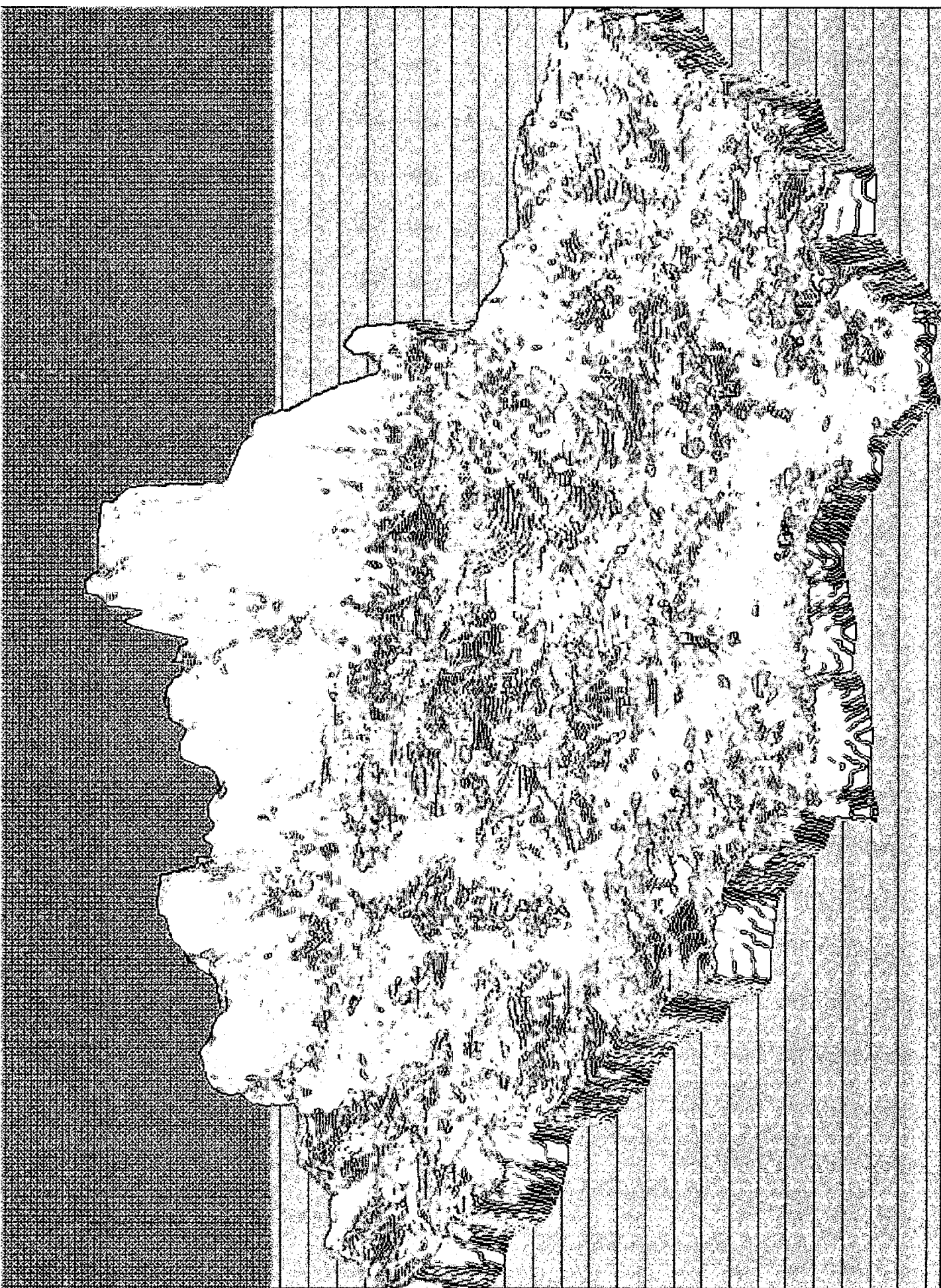


Figura 14 - MNT da área com sobreposição de imagem de satélite

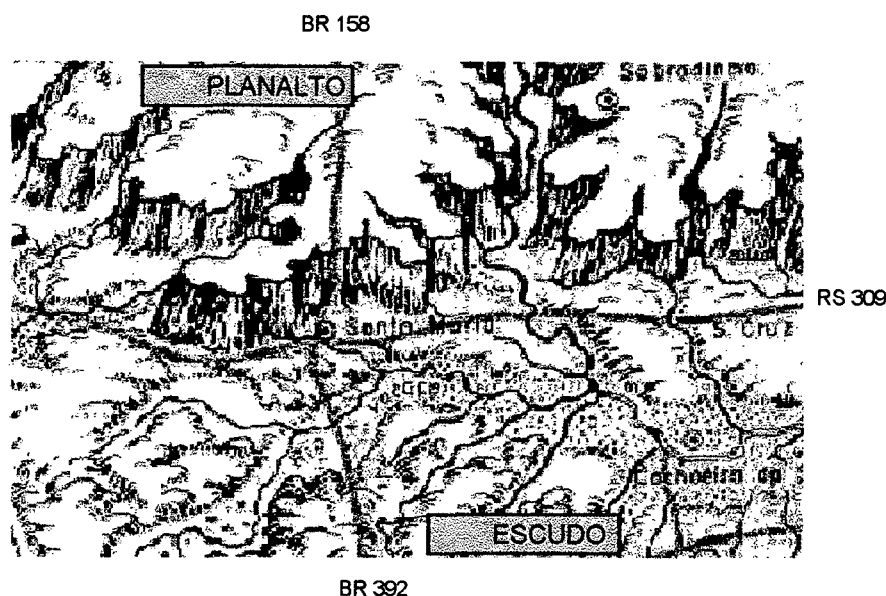


Figura 15 - Esboço geomorfológico da região de Santa Maria

À diferenciação morfológica exposta acima, se soma um processo de ocupação nitidamente diferenciado em uma e em outra área, de tal forma que a uma singularidade do ambiente físico, decorrente do aspecto transicional entre duas grandes unidades de relevo, se associa uma história com aspectos também bastante diversos.

Do ponto de vista dos elementos físicos, a ampla variação altimétrica observada assegura para Santa Maria um papel de destaque no contexto regional.

No que diz respeito às variáveis climáticas, são registrados índices de temperatura (figura 16) e pluviosidade bastante elevados, colocando Santa Maria em condições semelhantes as que se encontram as regiões da Campanha e do Alto Uruguai. SARTORI (1979), ao comparar as características climáticas regionais, afirma que o município "(...) registra os maiores totais pluviométricos anuais e muitas vezes diários e mensais (...)" (p.93).

Em se tratando de solos, torna-se bastante clara a diferenciação que se estabelece entre o conjunto dos solos formados sobre as áreas de rochas vulcânicas ou de Arenito Botucatu no Rebordo do Planalto e o conjunto de solos formados a partir dos arenitos Terciários e Quaternários da área da Depressão.

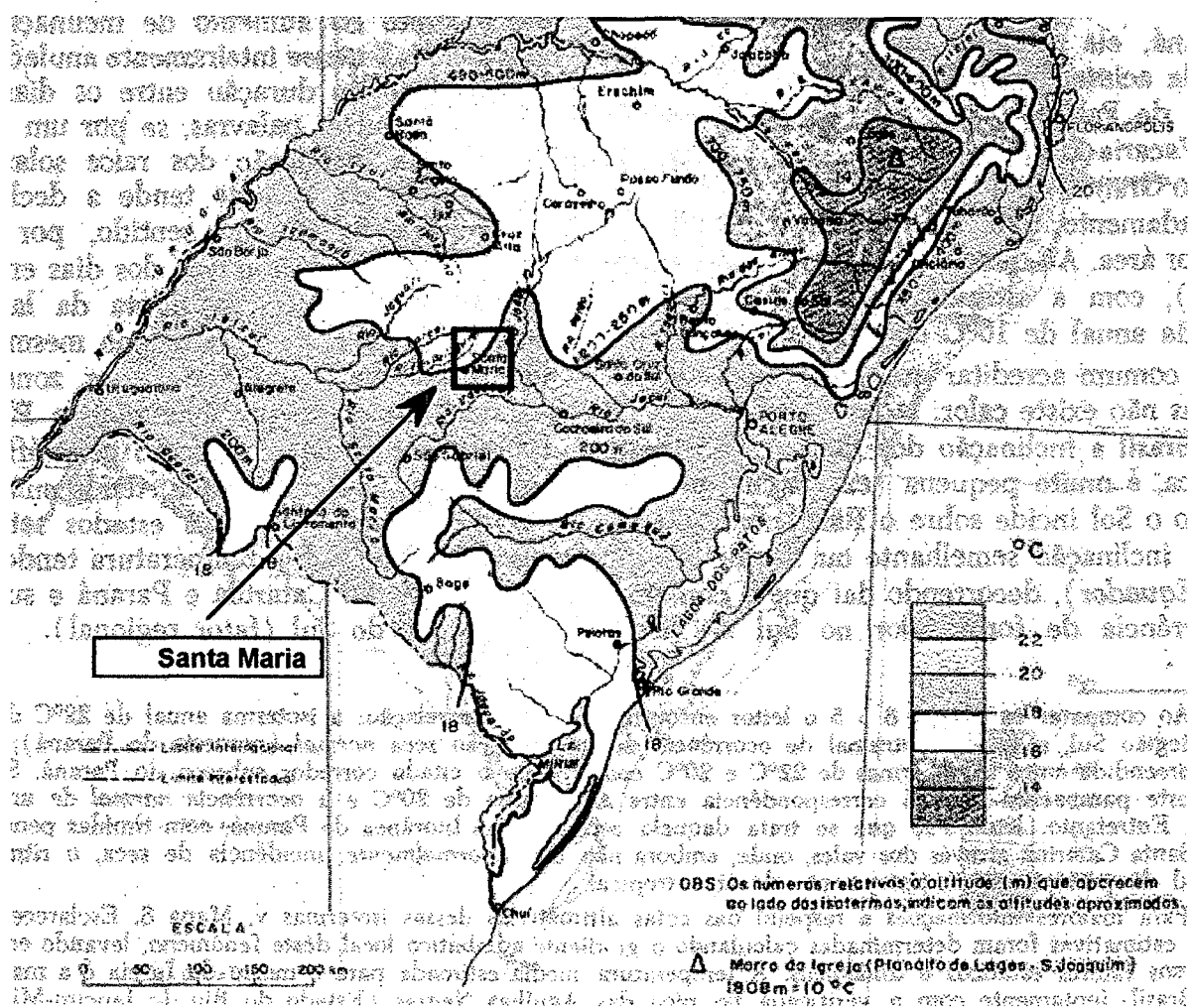


Figura 16 - Temperatura média anual (°C) no estado do Rio Grande do Sul e sul de SC

Fonte : IBGE (1990, p. 165)

Associada à diversificação dos parâmetros expostos acima, a diferenciação da vegetação também se faz presente, levando o IBGE (1990) a considerar a existência de uma “área de tensão ecológica” no contato entre a Floresta Estacional Decidual e a Savana.

A ocupação humana ao longo da história, em uma área fisicamente tão diversificada, também apresentou formas, ritmos e tempos bastante diferentes, permitindo que se descortine um jogo de relações tão próprio desta região e, ao mesmo tempo, inserido em todo um contexto de transformação pelo qual passaram as

demais áreas da antiga Província de São Pedro. Sendo assim, partindo-se do pressuposto de que “o espaço é a acumulação de tempos” (SANTOS, 1994), resgatar a história da paisagem é, antes de mais nada, desvelar as bases sobre as quais se erigiram, naquele dado espaço, as relações da sociedade com a natureza<sup>1</sup>. De acordo com MAYA (1987) a “Ocupação Social do Espaço” é um termo forjado nos últimos anos para designar os processos históricos por meio dos quais a sociedade toma posse e utiliza os diferentes sistemas ambientais. Significa, em consequência, uma maneira de entender a análise histórica levando em conta a relação da sociedade com os sistemas físico-bióticos que a sustentam.

Desta forma, para a finalidade à qual se propõe o presente capítulo, ou seja, apresentar como se deu o processo de ocupação e a conseqüente transformação da paisagem entre o início do povoamento e o período atual na sub - bacia em questão, a consideração da área de estudo com base em dois compartimentos distintos constituirá um recurso didático de grande utilidade.

De um lado, as áreas de planícies e coxilhas da Depressão Central, de ocupação espontânea, a qual teve a sua origem baseada na pecuária extensiva, permanecendo durante muitos anos numa situação periférica em relação à ocupação litorânea.

De outro lado, as encostas da Serra Geral, ocupadas num período posterior à área da Depressão, alojando especialmente uma parte da colonização italiana (ou por consequência dela).

### **3.2 - A área da Depressão Central e o surgimento das bases do povoamento**

A história da ocupação do município de Santa Maria e, conseqüentemente, da sub-bacia dos Arroios Picadinho e Passo das Tropas tem início a partir da divisão entre terras portuguesas e espanholas determinada pelo Tratado de Santo Ildefonso (1777), que toma o limite natural entre as bacias dos rios Vacacaí e Ibicuí como o marco de separação entre as coroas. Para BERNARDES (1962), após o Tratado de Santo Ildefonso, as regiões da Depressão Central e a Campanha, povoaram-se de estâncias que surgiram de forma livre e desordenada. Distantes do poder real, as

---

<sup>1</sup> Para GONÇALVES (1995), “ (...) é tarefa da Geografia compreender as marcas deixadas sobre o terreno pela ação histórica da intervenção da sociedade na natureza” (p.311).

estâncias começavam a se formar a partir da captura do gado xucro que havia se espalhado após o desmantelamento das reduções jesuítas fundadas a partir de 1634.

Inicialmente transformado em couro, sebo e crina para ser vendido a comerciantes ingleses e franceses, através da exportação propiciada pelo estuário do Prata, o gado passa a se constituir, em período posterior, no elemento central da nova paisagem sulina, agora redefinida em termos de propriedades particulares.

Tal situação traz como consequência uma profunda transformação do quadro regional : a fixação à terra, a estruturação de uma hierarquia social e o surgimento das charqueadas. É justamente nas charqueadas que reside o núcleo de surgimento da indústria riograndense, fornecendo carne seca para os outros estados do Brasil, principalmente para a alimentação dos escravos (LANDO e BARROS, 1992).

É neste cenário de campos pontilhados vez por outra de estâncias isoladas, que chega, em 1787, a Comissão Mista Demarcadora para efetivar os acordos feitos por ocasião do Tratado de Santo Ildefonso. Instalou-se esta comissão ao longo do Arroio Ferreira (na época, Passo dos Ferreiros), principal afluente do Arroio Picadinho. Assim escreveu o Dr. José de Saldanha (apud BELÉM, 1989) em 16 de abril de 1787 : "Este arroio é denominado dos Ferreiros desde a Demarcação passada por terem os ferreiros ahi armado suas forjas de campanha quando passou o Exercito de marcha de Jacuhy para o Monte Grande." (p.17).

Desfeita a comissão após muitos percalços, dez anos mais tarde uma nova Comissão Demarcadora se estabelece na região, armando acampamento ao longo de um divisor de águas sobre o qual se assenta, atualmente, a cidade de Santa Maria. Desmatando a floresta virgem e erguendo-se um quartel general, um escritório para a comissão técnica e uma igreja, foi fundada, em novembro de 1797, a "povoação de Santa Maria".

Servindo de ligação comercial com a região da fronteira, o núcleo de povoamento original prosperou rapidamente, com base nas grandes propriedades pecuaristas. Diz BELÉM (1989) :

Santa Maria, em 1835, marchava em vertiginoso progresso. Seu comércio e industria pastoril desenvolviam-se, prodigiosamente. Havia, em a área de todo o Curato mais de cem estabelecimentos pastoris, entre estancias e estanciolas, nas quais abundavam o gado vacum e o cavalar, constituindo sua importância economica que crescia a olhos vista. (p.74)

A ocupação das áreas de planície por uma pecuária extensiva muito pouco contribuiu para transformar a paisagem natural ali presente. Em verdade, a relação do homem com o meio se deu muito mais no sentido da adaptação do primeiro ao segundo. Isso, graças à natureza da atividade implantada, a forma como foi administrada e a baixa concentração populacional. Nas palavras de BERNARDES (1962) :

Quando se atiravam pelos campos afora em busca de um ponto em que se estabelecer, os fazendeiros desejavam o isolamento de suas estâncias, isolamento que procuravam aumentar pela aquisição de novas terras, onde o gado pastava livre, como livre desejava ser o seu dono. (p.620)

Na maior parte das vezes, os maiores impactos restringiam-se à retirada de madeiras nobres imigrantes da Floresta Decidua, como o Cedro (*Cedrela fissilis*), o Louro (*Cordia trichotoma*), a Timbauva (*Enterolobium contortisiliquum*) e a Guajuvira (*Patagonula americana* L.) (RAMBO, 1994). Essas madeiras eram utilizadas para a construção de cercas, casas e galpões.

Fora isso, o gado pastava solto e disperso por um campo coberto de gramíneas<sup>2</sup> baixas intercaladas por plantas como o Chá-de-bugre, a Maria mole, o Esporão de galo e a Carqueja (*Baccharis trimera*). Nas áreas mais úmidas, erguiam-se capões de mato onde apareciam, entre outros, o angico vermelho (*Paraptadenia rigida*), cabreúva (*Myrocarpus frondosus*), grápia (*Apuleia leiocarpa*) e açoita-cavalo (*Luehea divaricata*).

Essa era a paisagem que dominava os arredores da povoação de Santa Maria em princípios do século passado; extensas áreas de baixo povoamento com colinas suavemente onduladas, entrecortadas por uma drenagem bem encaixada em terreno sedimentar. Este ambiente de sedimentação, para o qual são carreados materiais tanto do rebordo do Planalto quanto do Escudo cristalino, apresenta-se ligeiramente inclinado em direção às partes mais baixas formadas por terrenos alagados; estes sim, capazes de promover uma diferenciação significativa no processo de ocupação.

Nas áreas mal drenadas desta região as opções de ocupação eram quase que ausentes. O estabelecimento humano ou mesmo a pecuária extensiva eram

impraticáveis num terreno quase sempre alagado, dominado por gravatás (*Eryngium* sp.) e outras ciperáceas. Estas áreas consistiam em uma paisagem certamente diferenciada, tal como descreve RAMBO (1994) : "Toda essa vegetação está imersa num tom cinzento-azulado, proveniente antes de tudo dos gravatás" (p.178). No entanto, quando o terreno começa a se tornar mais drenado, "(...)o capão se transforma em mata muito aberta, misto de parque e mata virgem, onde a grama viceja à sombra das árvores(...)" (RAMBO, 1994, p.178).

Este ambiente pouco propício à ocupação se estendia por grandes áreas a oeste do embrionário núcleo urbano, relegando esta região a um vazio econômico e populacional, fato este que é fundamental para que se possa entender a forma de ocupação e as políticas destinadas à organização deste espaço nos dias atuais. Estas áreas não se prestavam nem mesmo a serem vias de ligação com a fronteira oeste do estado<sup>3</sup>, face às dificuldades encontradas para transpô-las em épocas de chuva, dados os recursos existentes.

Já para o sul e leste, a situação era bastante diferente. Apresentando terrenos mais bem drenados, as planícies que se estendiam nestas direções representavam uma via de comunicação com as localidades de Caçapava, Lavras e São Gabriel, além de ser a porta natural de entrada para quem chegasse da capital. Além disso, pelo sul também se poderia chegar (embora com dificuldade) a Buenos Aires e Montevideu. Em decorrência dos fluxos de pessoas e mercadorias que por ali circulavam, foi se formando uma estrutura de comércio e serviços com vistas a atender uma população de tropeiros e viajantes que ali pernoitavam, antes de chegarem a Santa Maria ou que, saindo de Santa Maria, ali aguardavam para tomar o trem que até então ainda não chegara à Santa Maria. Esta foi a sorte de alguns lugarejos como Tronqueiras, São Geraldo e Arenal, situados no distrito de Arroio do Só.

Dado o fluxo de animais que se deslocavam entre Caçapava, São Gabriel e Santa Maria, o arroio que banha parte da área sul e sudeste do município foi batizado com o nome de "Passo das Tropas". Em decorrência dessa forma de ocupação do solo na periferia sul de Santa Maria, verificou-se um processo mais acelerado de parcelamento

---

<sup>2</sup> O IBGE (1986) coloca entre os principais tipos de gramíneas encontrados nesta região, a grama-forquilha (*Paspalum notatum*), o capim-caninha (*Andropogon lateralis*) e o capim barba-de-bode (*Aristida pallens*).

do solo. Este fato, associado a menor densidade de drenagem dos terrenos mais elevados, começa a delinear uma tendência de ocupação para esta área, com base em uma agricultura de sequeiro estabelecida em pequenas e médias propriedades, que se mantém até os dias atuais, tal como pode ser observado a partir da análise do mapa de uso do solo produzido para este trabalho. A inauguração da ligação ferroviária entre Santa Maria e Porto Alegre, em 1885, só fez reforçar esta tendência, muito embora tenha desmantelado a pretensão comercial de alguns lugarejos, como Tronqueiras, que perderam o caráter de hospedaria (BELÉM, 1989).

Por outro lado, nem mesmo a inauguração da linha ferroviária ligando Santa Maria, Cacequí e Uruguaiana (1890) foi suficiente para fazer prosperar a porção oeste da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas. Mesmo as partes que foram incorporadas ao perímetro urbano sempre tiveram um processo de urbanização marginal, face às proteladas obras de engenharia necessárias à equalização dos problemas de uma área tão imprópria à ocupação humana<sup>4</sup>.

O papel periférico a que esta área ficou sujeita historicamente, provocou a destinação de políticas públicas com vistas à ocupação efetiva da área. Tal foi, por exemplo, a desapropriação da fazenda Santa Marta, na década de 70, para a instalação do distrito industrial de Santa Maria e a posterior construção de conjuntos habitacionais de baixa renda, como as COHAB's Santa Marta (1980) e Tancredo Neves (1986) (MOURA e MELLO, 1994). Ampliado o perímetro urbano, tais conjuntos habitacionais deveriam servir, de um lado, para suprir a demanda de mão-de-obra ensejada pela indústria (que efetivamente nunca aconteceu) e, por outro lado, promover a integração desta área menos dinâmica da cidade (que até hoje permanece, em parte, marginalizada).

Já o restante das áreas de planície (praticamente toda a extensão da microbacia do arroio Picadinho) permaneceu numa condição predominante de pecuária extensiva

---

<sup>3</sup> Até mesmo porque se assim o fosse, a história teria sido outra.

<sup>4</sup> Esta área foi definida por BORTOLUZZI (1971) como pertencendo à Formação Santa Maria (membro Passo das Tropas). O comportamento hidrogeológico desta unidade, apresenta-se praticamente impermeável na parte superior e semi-permeável nos siltitos e arenitos argilosos da base (MACIEL FILHO, 1990). Tal situação acarreta duas consequências diretas que estão, de certa forma, interligadas : a baixa capacidade de carga do solo que aí se desenvolve e a baixa resistência à erosão, gerando constantes problemas de vossorocamento que podem chegar , em certos locais, a um aprofundamento de até 50 cm por ano (MACIEL FILHO, 1990). Este fato já havia sido descrito anteriormente por



ao menos até a metade do século XIX, quando então passa a dividir espaços com as lavouras de arroz irrigado que começa a ser produzido em escala comercial por descendentes de alemães<sup>5</sup>. Tal como se refere PINTO (1995):

A lavoura de arroz alterou sensivelmente a 'geografia' do ambiente riograndense. Expandiu-se por glebas de terra tradicionalmente pecuaristas, em especial daquelas localizadas na Depressão Central Gaúcha. Ampliou o espaço de concorrência com a produção oriunda do centro-sul do país, e exigiu a imediata instalação de postos de beneficiamento por não existirem condições de estocagem. (p.100)

Muito embora esta transformação espacial tenha se dado de uma forma mais intensa na bacia do arroio Arenal, a micro-bacia do arroio Cadena também apresentou uma expressiva ocupação por lavouras de arroz sobre áreas tradicionalmente pecuaristas, tal como pode ser observado a partir do levantamento feito por BRUCKER (1989), para os anos de 1964, 1975 e 1987.

Neste levantamento é possível observar-se um deslocamento da pecuária em direção aos campos limpos do Planalto Médio, especialmente nos municípios de Júlio de Castilhos, Cruz Alta e Tupanciretan, enquanto que na planície a lavoura irrigada vai "(...) impondo, na periferia das cidades, um cinturão de pequenos 'estabelecimentos' destinados ao beneficiamento do produto e às atividades afins." (PINTO, 1995, p.102).

No levantamento do uso do solo efetuado para este trabalho, com base em uma imagem de satélite de 1995, foi possível identificar uma significativa redução das áreas destinadas à lavoura irrigada, quando comparada aos dados obtidos por BRUCKER (1989)<sup>6</sup>. É importante notar que tal situação apresenta-se em harmonia com as transformações identificadas por PINTO (1995), para toda a extensão da bacia do rio Vacacaí, segundo podem ser observadas no quadro 1.

---

SARTORI et al (1975). A isso se soma a alta expansividade dos colúvio argilosos ali presentes, causando problemas de rachaduras nas construções.

<sup>5</sup> É importante reconhecer que a expansão da lavoura irrigada sobre as áreas de pecuária se deu em menor intensidade quando consideramos apenas a sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das tropas. No entanto, do ponto de vista das transformações econômicas e das transformações sociais por elas ensejadas, a área em questão não pode ser desvinculada do contexto em que se insere toda a bacia do rio Vacacaí. Muito mais do que uma redução na escala de análise, isto significa um compromisso com o processo histórico em que se insere o presente estudo.

<sup>6</sup> Infelizmente tal comparação não pode ir muito além do aspecto qualitativo de tal processo, dadas as diferenças significativas de instrumental e procedimentos utilizados por BRUCKER (1989) e por este trabalho, tal como será melhor analisado no capítulo 5.

MUNICÍPIO	1960	1987	1989	1990
Caçapava do Sul	1.505	1.000	3.010	3.010
Cachoeira do Sul	29.148	28.100	27.200	24.000
Formigueiro	--	6.000	6.000	4.000
Restinga Seca	6.940	11.006	11.000	11.005
Santa Maria	8.248	6.830	6.500	6.500
São Gabriel	7.954	20.000	21.600	17.000
São Sepé	14.019	16.000	11.800	11.200

Quadro 1 - Evolução da área cultivada com arroz (em ha), nos municípios da bacia do rio Vacacaí, entre os anos de 1960, 1987, 1989 e 1990.

Fonte : PINTO (1995, p.113)

Entre as causas que motivaram a dinâmica apresentada pelo quadro acima, é possível referir :

- a política econômica do governo, cuja garantia de preço mínimo para os produtos agrícolas não atende às necessidades dos produtores rurais;
- o endividamento dos agricultores que, além disso, encontram sérios problemas para renegociação das suas dívidas junto aos bancos, o que impossibilita a obtenção de novos financiamentos;
- a concorrência com o produto importado do Uruguai que, face aos menores custos de produção e a redução de tarifas alfandegárias proporcionadas pelo governo brasileiro, especialmente na última década, tem relegado o produto nacional ao apodrecimento nos lotados galpões de cooperativas, onde o produto se acha estocado a espera de uma política mais favorável.

A isto se soma a não menos importante pressão exercida pelo preço da terra, já que grande parte das lavouras irrigadas da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas encontram-se próximas à periferia urbana da cidade.

Pela pouca expressão que a agricultura irrigada representou e representa em termos de área ocupada, em relação as demais formas de uso do solo, é possível

afirmar que ela pouco contribuiu para a transformação da paisagem da área de estudo, ao menos no contexto geral da sub-bacia. Evidentemente, que naqueles setores em que está mais concentrada, esta forma de ocupação acrescenta importantes características à paisagem local, tanto no que tange à fisionomia, com a construção de barragens e açudes, o aplainamento de consideráveis extensões de terreno e a manutenção da malha fundiária, quanto no que se refere aos fluxos envolvidos neste processo (utilização de agrotóxicos e circulação de capital e tecnologia).

A pecuária, por outro lado, pelo que foi possível observar nas visitas a campo e em conversas com alguns produtores, encaminha-se progressivamente para uma transformação das suas características originais. A forte pressão exercida pela presença tão próxima da área urbana tem levado a um sistemático desmembramento dos grandes latifúndios que, transformados em propriedades menores e vendidos a uma população urbana de maior poder aquisitivo, comporta hoje uma pecuária mais intensiva que tem na produção leiteira um dos seus destaques.

A propriedade rural, nesta área, é vista não mais como símbolo da ordem social na qual se insere o seu proprietário, mas como uma fonte adicional de investimento e um complemento das atividades urbanas.

### **3.3 - A ocupação do rebordo do planalto e a consolidação do centro comercial.**

A ocupação das áreas situadas nas porções norte e nordeste da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas apresenta-se diretamente vinculada ao estabelecimento da quarta colônia italiana em Silveira Martins, fundada em 1877 e parcialmente incorporada ao município de Santa Maria em 1888 (BELÉM, 1989), vindo a formar o 4º distrito deste.

Aos italianos trazidos para o Brasil em fins do século XIX, foram destinadas as encostas da Serra Geral, que não haviam sido ocupadas nem por alemães, nem por

portugueses, tal como comenta GIRON (1992) :

Aos italianos caberia as zonas das matas, que havia sido deixada de lado pelos portugueses, mais interessados na criação de gado. Esta região estava situada estrategicamente entre a região dos Campos de Cima da Serra, onde habitavam os descendentes de portugueses ocupados na pecuária, a Depressão Central, onde se localizavam os alemães, e a zona da Campanha. A colocação das colônias serviria para isolar não só os imigrantes, mas, especialmente, os gaúchos da campanha e os da Serra, o que dificultaria uma ação conjunta dos mesmos. (p.60)<sup>7</sup>

Além disso, como salienta BRUM (apud CASSOL, 1996) :

De modo geral pode-se afirmar que, na época da independência do Brasil (1822), a área de campo do Rio Grande do Sul estava toda ocupada. Restava povoar a área de mata, que até então era considerada sem valor, uma vez que não se prestava para a criação de gado, a principal atividade e praticamente a única que teve prestígio e poder. O mato não tinha nenhuma serventia; era considerado um estorvo pelos estancieiros. (p.38).

Os principais centros de colonização italiana no RS foram as colônias de Dona Isabel (Bento Gonçalves), Conde D'Eu (Garibaldi), Caxias e Silveira Martins ( a qual foi, em 1888, dividida pelo governo imperial entre os municípios de Santa Maria, Cachoeira do Sul e Júlio de Castilhos<sup>8</sup>).

Três situações, em especial, contribuíram para caracterizar a forma como ocorreu a transformação da paisagem nesta área : o aspecto da paisagem natural (que associava a presença de altas declividades com uma vegetação florestal), a tradição cultural dos imigrantes italianos, que associava uma agricultura em pequenas propriedades com o trabalho de marcenaria e, por fim, a forma como se deu o "arranjo

---

<sup>7</sup> O autor se refere, neste caso, aos ideais de independência que começaram a se formar entre a oligarquia gaúcha desde princípios do século XIX e que culminaram com a Revolução Farroupilha e a derrota dos separatistas.

<sup>8</sup> Este é um dos motivos apontados por BERNARDES, LOPES e MÜLLER (1988) para explicar a estagnação econômica da quarta colônia italiana de Silveira Martins. A divisão, segundo os autores, impossibilitaria a "(...)unicidade de propósitos e de empórios que organizassem a vida econômica e produtiva da Colônia."

espacial” das colônias, pois, como salienta BERNARDES (1962):

Avançando sobre a mata, o povoamento exige a união de esforços : o pioneiro deseja a proximidade do seu semelhante. Os colonos atirados muitas vezes no âmago da mata hostil, sentiam a necessidade de ter à vista os seus vizinhos e os lotes estreitos, ao longo da “linha colonial” facilitavam a proximidade e a cooperação. (p.620)

A ligação da então cidade de Santa Maria com a região de Silveira Martins se dava por meio do sétimo distrito da Caturrita, cuja estrada de acesso permitiu a consolidação de Santa Maria como um pólo comercial e de prestação de serviços. Daí, depreende-se o desabafo da Assembléia Provincial do RS, em 1885 :

A idéia da abertura da estrada da Caturrita é de tal importância e imprescindibilidade para o progresso deste município que, desde o mais ignorante até ao mais ilustrado, desde o mais patriota até ao mais indiferente dos habitantes desta região, ela se afigura a idéia salvadora e única, que realizada, poderá garantir vida e continuidade progressiva a esta praça comercial - emporio da região serrana, pela posição excepcional que lhe concedeu a mão sabia da natureza.” (apud BELÉM, 1989, p.133)

A área ocupada pelos italianos era tomada originalmente por uma floresta decidual, descrita por LINDMAN e FERRI (1974) como composta por cinco estratos: as plantas de solo (avencas, gramíneas, pequenos arbustos e ervas); a mata baixa (pequenas árvores e arbustos); os cipós; as epífitas e a mata alta, cujas principais espécies se constituíam de umbú (*Phytolacca dioica*), cedro (*Cedrela fissilis*), cabreúva (*Myrocarpus frondosus*), angico vermelho (*Parapitadenia rigida*) e timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*).

A retirada desta mata constituiu a primeira grande transformação na paisagem do rebordo do planalto. Fosse para a liberação de áreas para o plantio, fosse para servir à nascente indústria moveleira, a derrubada da floresta era imprescindível à sustentação daquele modo de vida dotado de poucos recursos. A isso se associou a necessidade de extração de lenha para alimentar as locomotivas que começavam a circular em Santa Maria. Tal necessidade levaria a um desmatamento não só da mata de encosta, como também das matas galeria que margeavam os cursos dos rios, o que levou progressivamente ao desaparecimento absoluto de muitos trechos desta última.

Já mais recentemente (a partir da década de 50), outra parte do resíduo desta mata galeria, principalmente na microbacia do arroio Cadena e próximo ao Arenal, foi retirada para a extração de areia pelas empresas que ali atuam.

Falando sobre o trabalho dos colonos em Silveira Martins, BELÉM (1989) comenta:

Devastadas as florestas pelo braço de ferro do colono desde a planície ao cume dos cêrros; derribados por ele os angicos, as grapiapunhas, os açoita-cavalos, os ipês, os cedros, as timbaúvas, as guajuviras, madeiras que eram vendidas por bom preço, o solo de que saíram aquelas, em breve ofereceu ao esforçado trabalhador o feijão, o milho, o arroz, a mandioca e outros muitos produtos da lavoura. (p.166)

Até mesmo onde esta mata de encosta foi parcialmente preservada e/ou onde se permitiu a sua regeneração, os traços da devastação são marcantes, como se referem LINDMAN e FERRI (1974) :

Se nos proprios distritos coloniaes entramos n'uma nesga de matta virgem que ficou entre roças de milho, batataes, caapuêra queimada e suja de carvão, a transição para esta matta é tão brusca como quando se entra pela porta n'uma casa. (...) As arvores predominantes são apenas medianas ou pequenas e delgadas e, em certas partes da matta, muito juntas, quasi como num viveiro (...). (p.187)

Apesar disso, muito provavelmente em função da presença de altas declividades e das novas funções assumidas no período atual, as porções norte e nordeste da área estudada ainda mantêm algumas áreas de vegetação arbórea, muito embora bastante desfiguradas em relação às características da vegetação original.

Como decorrência do avanço da economia colonial, as áreas ao norte e nordeste da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas, que englobavam o sétimo distrito da Caturrita, também acabaram por apresentar considerável progresso, envolvendo estabelecimentos comerciais, casas de exportação de produtos agrícolas e algumas indústrias de couro, especialmente no povoado (atualmente 7º Distrito) de Boca do Monte (BELÉM, 1989). O desenvolvimento desta economia consolidou de vez a função de Santa Maria como pólo comercial e de prestação de serviços, impulsionado ainda mais pela condição de entroncamento ferroviário.

É possível afirmar que este processo foi responsável pela maior transformação da área em questão, seja diretamente, pela ocupação de encostas e pelo desmatamento, seja indiretamente, pela indução provocada no crescimento urbano da cidade de Santa Maria que, a partir de determinado momento, acabou por expulsar a parcela mais despossuída da população em direção às áreas de encosta do sítio urbano, onde se concentram cada vez mais.

É assim que, como afirma PINTO (1995) :

De forma espontânea ou dirigida, a ocupação da terra terminou por criar duas paisagens distintas, mas intimamente interdependentes : a paisagem do latifúndio, tipicamente pastoril, e a paisagem das pequenas propriedades (marginais) da policultura colonial. Ambas, dotadas de grandes oportunidades foram e são, intensamente, disputadas. (p.92)<sup>9</sup>

As áreas da Caturrita e Boca do Monte se inserem, atualmente, de forma bastante diferenciada no quadro municipal. Com a emancipação dos municípios de Silveira Martins e São Martinho, a desestruturação do transporte ferroviário e o desenvolvimento leste-oeste de Santa Maria, redefiniu-se o mapa da economia regional. A estrada da Caturrita deixa de ser um corredor de escoamento para pessoas e produtos ligando áreas prósperas para se tornar uma via de ligação do centro urbano com o interior do município. A policultura comercial cede espaço a uma malha fundiária ainda mais fragmentada que comporta, atualmente, pequenos sítios de lazer e/ou de produção de hortaliças para suprir a demanda urbana mais próxima. O promissor comércio e indústrias desta área, que existiam até a metade deste século, desapareceram quase que por completo, legando para a região um passado de esperanças e um presente de lembranças.

---

<sup>9</sup> Se bem que para a área em estudo a propriedade pecuarista assumia uma outra dimensão, tal como já foi referido, que não a do grande latifúndio presente em outras áreas da Depressão Central e, principalmente, da Campanha, a observação de PINTO (1995) sobre a dualidade dos espaços construídos é bastante verdadeira para a realidade em questão.

## CAPÍTULO 4 - A ESTRUTURA DA PAISAGEM

A estrutura horizontal de um geossistema está constituída por um mosaico de geofácies (...). Essa estrutura apresenta as variações próprias dos diferentes estados em relação com determinadas entradas de energia. A diminuição ou a entrada de outras energias conduzem a formação de fácies, enquanto que o desaparecimento destas entradas conduz à homogeneização de todo o sistema. (BOLOS I CAPDEVILA, 1992, p.42)

A análise ambiental de uma paisagem implica, antes de mais nada, em determinar a sua estrutura (VILÁS, 1992); dentro dela, passam a ser analisadas as variáveis que concorrem para o funcionamento deste sistema.

Tem início assim a primeira fase do processo de investigação, referente ao diagnóstico da área de estudo. É preciso que se delimite o sistema a ser estudado para que se possam estabelecer os elementos componentes e as relações existentes, o que para BERTALANFFY (1973), constitui um ato mental que procura abstrair o referido sistema da realidade que o envolve. O nível de aprofundamento ou generalização que se obtém disto, segundo o autor, depende substancialmente da capacidade intelectual e da percepção de cada pesquisador.

No caso do presente estudo, definido o sistema (sub-bacia dos Arroios Picadinho e Passo das Tropas) a ser trabalhado, partiu-se para a definição de uma estratégia que permitisse a execução do necessário diagnóstico. Para VILÁS (1992),

Não há, em realidade, uma metodologia comum para elaborar estudos de diagnoses descritivas (...). A valoração dos elementos para estabelecer diagnósticos depende em cada ocasião da paisagem estudada e da importância hierárquica que tenham, ou que se considera que tenham, os distintos elementos. (p.143)

A afirmação acima chama a atenção para o nível de subjetividade que envolve a definição de uma metodologia para o diagnóstico ambiental.

É possível perceber, entre a comunidade científica envolvida com esta questão, uma tendência de adotar o “zoneamento” como uma ferramenta básica para se chegar ao



diagnóstico ambiental face à variação espacial que se configura no interior do sistema como consequência das interações entre os elementos da paisagem.

#### **4.1 - O zoneamento ambiental.**

Desde 1981, com a promulgação da Lei nº 6.938, o zoneamento ambiental é tido como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente (GRASSI, 1995). “Zonear um território é diferenciar áreas neste território segundo critérios e regras que devem ser escolhidos de acordo com os objetivos a serem alcançados pelos seus responsáveis” (NEVES e TOSTES, 1992: 53).

Percebe-se pela definição apresentada que o “zoneamento” corresponde a um instrumento de análise, destituído de valor intrínseco quando isolado da metodologia que lhe dá suporte. Disto decorre uma gama variada de “tipos” diferentes de zoneamento, desde modalidades setoriais, como os zoneamentos agroecológicos que negligenciam outros níveis da dinâmica ambiental que não aqueles específicos ao qual se destinam, até os que se propõem a tratar os processos de forma mais ampla e integrada, como os “zoneamentos ecológico-econômicos” que vêm sendo promovidos pelo Poder Público brasileiro desde a década de 80, tendo como prioridade a região amazônica (AB’SABER, 1989). Assim o define SCHUBART (1994) :

O objetivo técnico do zoneamento ecológico-econômico consiste em sintetizar e modelar o conhecimento científico disponível sobre o funcionamento e a distribuição espacial dos sistemas ambientais de uma região. (p.03)

Por um lado, a definição do zoneamento ecológico-econômico mantém uma certa sintonia com a proposta deste trabalho, principalmente no que diz respeito ao entendimento da estrutura e dinâmica dos sistemas ambientais de forma integrada. Por outro, enquanto instrumento do poder público para gestão territorial (IBGE, 1986), o seu reconhecido aspecto político acaba por orientar tais estudos no sentido da racionalização

do uso dos recursos naturais, numa perspectiva mais utilitarista do zoneamento<sup>1</sup> e, portanto, diversa daquela que nos propomos<sup>2</sup>.

Desta forma, adotar-se-á daqui para frente a designação de “zoneamento ambiental” como o instrumento utilizado para definir “ (...) extensões territoriais para as quais se esperam comportamentos específicos para o jogo de fatores físicos, bióticos e sócio-econômicos nelas atuantes” (XAVIER-DA-SILVA e CARVALHO FILHO, 1995, p.342) ou, em outras palavras, os geossistemas e/ou geofácies<sup>3</sup>.

Espera-se, dessa forma, poder contribuir para o avanço da discussão acerca do entendimento da paisagem pois, como afirmam MATEO RODRIGUEZ et al (1994), “a distinção, classificação e cartografia das unidades de paisagens, constitui-se na base da análise geoambiental” (p.11).

Com a difusão das potencialidades metodológicas oferecidas pelo zoneamento foram sendo criadas e testadas diferentes formas de realizá-lo. Ao nível institucional, o projeto de Lei do Executivo, de nº 4.691, de 1990, estabelece as Diretrizes Básicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico. A aplicação destes princípios padronizados acaba por transformar esta ferramenta em um “modelo universal” aplicado a todas as situações e locais de forma sistemática. Quanto a isso, comenta AJARA (1993) :

A adoção de metodologias aplicadas de maneira indistinta a diferentes porções territoriais, independentemente das problemáticas espaciais/ambientais específicas nelas configuradas, atribuindo à Ordenação Territorial uma neutralidade antagônica ao caráter

<sup>1</sup> Tanto é assim, que MACHADO (1995) chega a afirmar : “O zoneamento consiste em dividir o território em parcelas nas quais se autorizam determinadas atividades ou interdita-se, de modo absoluto ou relativo o exercício de outras atividades” (p.105).

<sup>2</sup> Enquanto representante legal da sociedade, os poderes legislativo e executivo parecem destinados a padecer em um etemo descompasso com as “mentes mais produtivas” deste país, se é que assim podemos chamar os pesquisadores das universidades brasileiras. Dividir um território em parcelas, segundo a capacidade e/ou potencialidade das mesmas, deveria significar, antes de mais nada, conhecer profundamente a dinâmica ambiental (posto que não é apenas natural, mas também social e econômica) deste território. Em outras palavras, isto implica dizer que a simplificação representada pela normatização do uso do espaço deveria ser antecedida por um profundo e exaustivo estudo para entender a sua complexidade. Infelizmente a regulamentação das leis tem um caráter muito mais operacional do que científico, promovendo omissões tão graves como esta, de se propor a divisão de um elemento sem que se conheça suficientemente a sua forma.

<sup>3</sup> Como já foi referido anteriormente (capítulo 1), a teoria geossistêmica será utilizada neste trabalho como um paradigma para o entendimento da estrutura e dinâmica das unidades ambientais.

político e estratégico que lhe deve ser imputado, constitui, sem dúvida, a limitação maior desse instrumento orientador de ações. (p.11)

Atualmente, um dos principais aspectos abordados pela comunidade científica refere-se ao uso do zoneamento para a delimitação e determinação de áreas funcionais diferenciadas no interior de uma Unidade de Conservação. Tais são, por exemplo, os trabalhos desenvolvidos pelo IMA & GTZ (1993), PORTO e GUERRA (1995) e SEMACE (1991).

Do ponto de vista metodológico, a análise do complexo da paisagem tem sido realizada principalmente de três maneiras. Em alguns trabalhos, a área de estudo é preliminarmente dividida em quadriculas regulares (unidades de análise ou manejo ambiental), dentro das quais cada variável é codificada e analisada segundo uma hierarquia pré-definida, através de uma análise estatística multivariável. Posteriormente, o zoneamento é feito agrupando-se as unidades que apresentam comportamento semelhante para as variáveis trabalhadas. Nesta linha aparecem, entre outros, os trabalhos de IMA & GTZ (1993), ROCHA (1995), MARQUES, ARGENTO E PEREIRA (1983) e ADAMI (1995).

Outros autores, no entanto, preferem analisar o comportamento das variáveis no contexto global da área estudada ou, como afirma BRUNEAU (1980), através de uma "abordagem analítica". Neste caso, lançam mão de diferentes mapas temáticos (relativos às variáveis a serem analisadas) que são cruzados entre si numa ordem preestabelecida segundo os objetivos da pesquisa. A delimitação das "Unidades de Paisagem" é dada a partir da interação entre as variáveis envolvidas nos cruzamentos. É o caso dos trabalhos desenvolvidos por ROSA (1995) e CASSOL (1996). Nesta linha, é cada vez mais freqüente o uso do geoprocessamento como instrumento para a realização dos cruzamentos entre os diferentes mapas temáticos, face às vantagens proporcionadas pelo geoprocessamento no que se refere ao ganho de tempo e à possibilidade de uma análise mais complexa dos elementos e inter-relações.

Uma terceira possibilidade, refere-se àquilo que BRUNEAU (1980) chama de "abordagem globalizante", ou seja, corresponde a uma forma mais sintética de

representação da paisagem. Nesta perspectiva, a pesquisa leva à elaboração de uma única carta onde aparecem representadas todas as variáveis envolvidas e sua dinâmica. Muitos trabalhos foram desenvolvidos dentro dessa linha, principalmente dentro da metodologia proposta por JOURNAUX (1980); porém, tais trabalhos apresentam, via de regra, uma concentração tão alta de informações que acabam por dificultar a sua interpretação. De acordo com ORELLANA (1985a) :

Eles são mais complexos e por isso de aplicabilidade mais difícil. São mapas feitos por poucos e para uma clientela especializada e pequena, que certamente não serão utilizados por muitos especialistas em questões ambientais devido à sua complexidade e dificilmente serão difundidos, da maneira como vêm sendo elaborados. (p.134)

#### **4.2 - O zoneamento da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas**

O roteiro metodológico para o zoneamento ambiental da área em questão tem como principal referencial técnico a utilização do geoprocessamento com a finalidade de estabelecer o cruzamento entre diferentes mapas temáticos.

Devido ao fato de o geoprocessamento se constituir em um campo de estudos relativamente recente, a linguagem e os procedimentos utilizados no tratamento e manipulação dos dados ainda não são acessíveis a uma boa parte dos pesquisadores que trabalham com análise ambiental. Dessa forma, faz-se necessária uma breve revisão de alguns conceitos básicos que serão aqui utilizados.

**GEOPROCESSAMENTO** : O geoprocessamento corresponde à captura e armazenamento digital de entidades espaciais georreferenciadas, que podem ser manipuladas de diferentes formas e/ou associadas a um banco de dados onde estão relacionados os atributos não-gráficos dessas entidades (figura 17). Tal processo só é possível graças à utilização de softwares especialmente dirigidos para isso, os quais são

genericamente denominados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (CÂMARA, 1993).

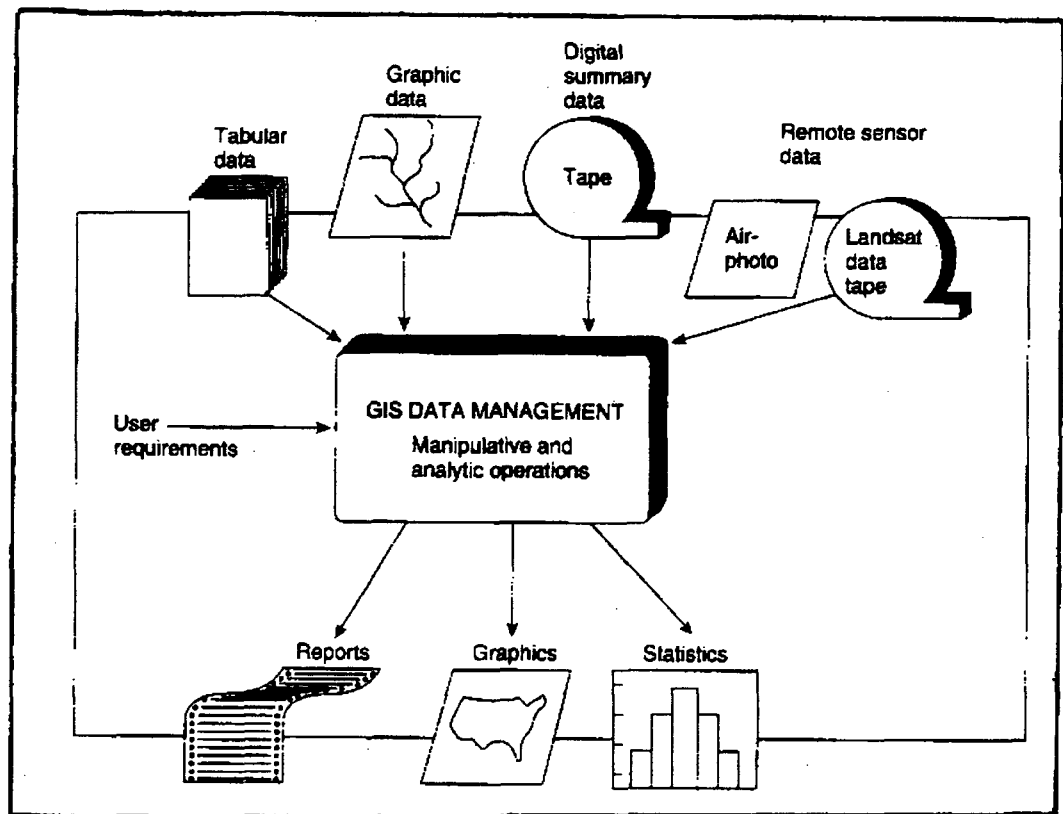


Figura 17 - Diagrama simplificado de funcionamento de um SIG

Fonte : AVERY e BERLIN (1992, p.202)

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) :** Segundo CALIJURI e ROHN (1994), os SIG's são sistemas destinados a capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar todas as formas de informações georreferenciadas.

Para ALVES (1990),

Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são sistemas destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente. Estes sistemas manipulam dados de diversas fontes como mapas, imagens de satélites, cadastros e outras, permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre dados. (p.66)

CÂMARA (1993, p.15) cita três possibilidades básicas de aplicação de um SIG:

- integrar, numa única base de dados, as informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e MNTs<sup>4</sup>;
- combinar as várias informações através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados;
- consultar, recuperar, visualizar e desenhar o conteúdo da base de dados geocodificados.

**SISTEMAS, ENTIDADES e ATRIBUTOS** : Conforme ROSA (1995), um sistema é um conjunto de "entidades (elementos) relacionadas ou conectadas, de tal forma que constituem uma entidade ou um todo organizado, com características próprias e subordinadas a processos de transformação conhecidos" (p.28). Já os atributos são aspectos que caracterizam e dão significado às entidades. No presente trabalho, o sistema será considerado como a totalidade da sub-bacia a ser estudada. Como entidades serão consideradas as diferentes variáveis que são responsáveis pela dinâmica ambiental e, por fim, como atributos serão considerados os diferentes níveis ou classes de cada entidade (p.ex., as diferentes classes de solo serão consideradas atributos da entidade "solo").

---

<sup>4</sup> O MNT (Modelo Numérico do Terreno) se refere à possibilidade de visualização do aspecto do relevo de uma determinada área em três dimensões, a partir de um bloco diagrama que o SIG elabora com base em um mapa altimétrico.

**ESTRUTURA DE DADOS :** De acordo com BURROUGH (1986), existem duas formas básicas de representação dos dados espaciais: a forma "raster" e a forma vetorial. A primeira obedece ao que ROSA (1995) chama de "geometria digital", ou seja, as linhas que dão formas às entidades são transformadas em uma infinidade de pequenas quadriculas ou "pixels", codificadas segundo a entidade que representam. Já a estrutura vetorial obedece às leis da geometria euclidiana, ou seja, as entidades espaciais são representadas por um conjunto de pontos, linhas e/ou áreas (figura 18).

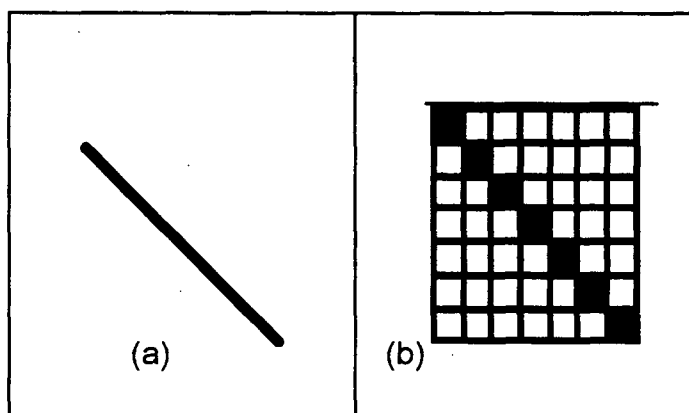


Figura 18 - Representação de uma reta em uma estrutura vetorial (a) e em uma estrutura raster (b)

Na estrutura raster, os elementos são convertidos a um conjunto de células presentes em uma estrutura matricial preestabelecida. Cada célula é identificada por uma determinada posição (coluna e linha) que ocupa dentro desta matriz, além de possuir, também, um identificador "z" correspondente ao atributo que representa. "A resolução do sistema é dada pela relação entre o tamanho da célula no mapa e a área por ela coberta no terreno" (BRITO e ROSA, 1994, p.68).

Já no caso da estrutura vetorial, os elementos espaciais são transformados em um conjunto de pontos. Cada ponto é localizado a partir de uma coordenada (x,y) segundo um sistema de referência preestabelecido.

**TRANSFORMAÇÕES RASTER / VETOR :** A maior parte dos SIG's colocados no mercado só permitem a manipulação (como p.ex. cálculos de área, cruzamentos, reclassificação) de entidades espaciais a partir da estrutura raster. Como os dados provenientes do processo de digitalização são produzidos em formato vetorial, a transformação de vetor para raster se constitui em uma rotina bastante utilizada durante a manipulação dos dados.

Embora menos comum do que a transformação vetor-raster, a transformação raster-vetor é utilizada, principalmente, quando se quer melhorar a edição final de um produto resultante da manipulação dentro do SIG, já que as possibilidades oferecidas pelos SIG's para edição dos seus produtos finais são ainda limitadas. Na prática, este tipo de conversão ainda representa uma rotina a ser melhorada dentro dos SIG's, seja pelo tempo envolvido nesta operação, seja pela perda de definição do produto gerado.

**CAD :** Um CAD (Computer Aided Design) consiste em um software destinado a traduzir as linhas de uma figura ou mapa para o formato vetorial, com o auxílio de um mouse conectado a uma mesa digitalizadora. Estas linhas são, então, armazenadas dentro do programa para, posteriormente, serem convertidas para dentro de um SIG ou, simplesmente, para serem utilizadas como produto da cartografia digital.

A conjugação do uso do geoprocessamento com os estudos de análise ambiental tem permitido um ganho considerável, seja na diminuição do tempo de trabalho, seja no aumento da complexidade das análises. Isto é ainda mais verdadeiro quando se trata de trabalhos que envolvam o zoneamento ambiental, visto que a possibilidade de estabelecer cruzamentos entre mapas temáticos, até então feitos manualmente via mesa de luz, aumenta consideravelmente com o uso do computador e de softwares especialmente desenvolvidos para isto.



De acordo com ASSAD (1993) :

A utilização de SIGs, sob suporte informático, vem permitindo o zoneamento de áreas de forma mais adequada e eficiente, substituindo os métodos tradicionais de análise que são, quase sempre, mais onerosos e de manipulação mais difícil. (p.180)

No entanto, a utilização do geoprocessamento é encarada dentro deste ponto de vista como uma ferramenta técnica para que sejam atingidos os objetivos propostos, e não como um fim em si mesma.

Vale a pena, neste caso, transcrever-se as afirmações de XAVIER-DA-SILVA e CARVALHO FILHO (1995), quanto à utilização das técnicas de geoprocessamento :

A inserção das técnicas de geoprocessamento no contexto da análise ambiental permite que o usuário não perca o seu rumo, fascinado pela possibilidade de produzir mapas temáticos mais precisos, mais bem acabados, em um festival de tecnologia em que o SGI corre o risco de transformar-se em um 'flipperama' de luxo, onde profissionais que precisam atingir objetivos socialmente úteis acabam gastando seu tempo e recursos financeiros da sociedade na produção de resultados parciais, em geral mapas temáticos isolados no tempo (...), ou seja, fora de um contexto de análise ambiental voltada para objetivos definidos. (...) Não podem os SGI's, com suas técnicas de geoprocessamento, ficarem restritos a essas aplicações setoriais, muitas vezes meras demonstrações da capacidade de 'softwares' e equipamentos disponíveis no mercado. É necessário produzir trabalhos apoiados em SGI's com princípio, meio e fim, ou seja, que contenham inventários adequados sobre os quais se executem análises espaciais, temporais e prognoses orientadas para finalidades bem definidas. (p.52)

Atualmente, diversos são os trabalhos que aliam a tecnologia do geoprocessamento com a análise ambiental. Entre eles, pode-se citar ARGENTO e MARQUES (1988), MIRANDA (1990) e TEIXEIRA et al (1991).

A utilização do geoprocessamento no zoneamento ambiental da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas, se deu através de três grandes etapas sucessivas (figura 19) : entrada e armazenamento dos dados, manipulação dos dados e, por fim, saída do produto final.

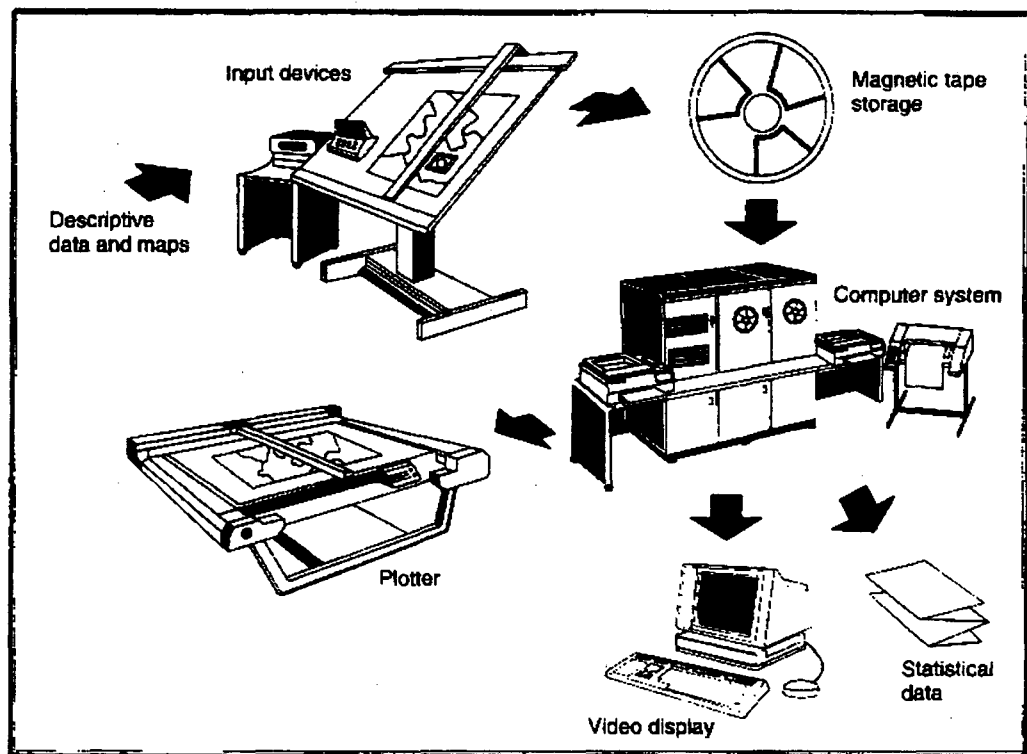


Figura 19 - Representação esquemática simplificada das etapas de um SIG

Fonte : AVERY e BERLIN (1992, p. 204)

#### 4.2.1 - Entrada e armazenamento dos dados

Os dados espaciais podem ser inseridos no sistema a partir de dois processos: entrada manual, via mesa digitalizadora, ou entrada automática via varredura por Scanner. Para GRAÇA (1990), a segunda opção referida representa um importante ganho de tempo e de qualidade, principalmente quando, na fase de preparação, é possível a obtenção dos diferentes temas separadamente. Acontece que na maior parte das vezes

isto não é possível de ser obtido, resultando na scannerização de diversos temas dentro de um mesmo mapa<sup>5</sup>.

As limitações referentes ao uso da digitalização estão relacionadas especialmente à capacidade do digitalizador e às margens de erro admitidas no processo.

A dificuldade de aquisição de alguns temas separadamente e de um scanner colorido com tamanho compatível aos mapas temáticos de que se dispunha nos levaram a optar pela utilização do primeiro processo apresentado, ou seja, a entrada via mesa digitalizadora, onde os dados são inseridos no sistema sob a forma vetorial.

Para tanto, utilizou-se o programa Microstation<sup>6</sup> para a digitalização de quatro mapas temáticos (solos, geologia, geomorfologia e uso do solo), selecionados segundo as quatro propriedades elementares sugeridas por PLA (1992): facilidade de obtenção, significatividade (relativa à quantidade mínima necessária de dados), operatividade (os dados devem ter aplicabilidade direta para os fins a que se destinam) e precisão. Além destes quatro, um quinto mapa foi incluído como base de cruzamentos - o mapa de declividades. Embora não tendo sido digitalizado, este mapa-base foi obtido a partir de algumas manipulações feitas com base na digitalização das curvas de nível (de 20 em 20 metros) da área de estudo.

#### a) MAPA GEOLÓGICO :

---

<sup>5</sup> Quando a escala de análise é suficientemente pequena para que o mapa possa ser varrido por um scanner de mesa, ou se existe a possibilidade de utilização de um scanner colorido de maior porte, esta pode ser, seguramente, a melhor opção. No entanto, se o que se dispõe é de um scanner em preto e branco (onde a dificuldade de separação dos temas aumenta), ou um mapa scannerizado em partes, para ser posteriormente "remontado", nos parece que tal procedimento não representa nenhuma vantagem sobre o processo de digitalização.

<sup>6</sup> O software Microstation é um CAD que apresenta excelentes recursos para o uso da cartografia digital. Um CAD (Desenho Assistido por Computador), como já foi referido anteriormente, consiste basicamente em um traçador vetorial que se destina à digitalização de mapas sem, no entanto, permitir estabelecer uma ligação destes com um banco de dados qualquer. Face a isso, utiliza-se normalmente o CAD e SIG de forma integrada, exportando os dados de um para o outro. Embora o SIG e o CAD sejam programas com estrutura e aplicações bastante diferenciadas, os SIG's vendidos em escala comercial são, normalmente, acompanhados de um programa CAD, de tal forma que haja melhor compatibilidade entre os dados, facilitando, por consequência, a migração de um para o outro. No entanto, o SIG utilizado para o presente trabalho, (IDRISI) é acompanhado de um programa CAD (TOSCA) que apresenta, ainda, um elevado nível de restrições quanto ao seu uso, motivo pelo qual se optou pela utilização do programa MICROSTATION.

Este mapa (mapa 3 e anexo3), produzido por GASPARETTO et al (1988), foi publicado na escala de 1:50000; porém, o mesmo aparece restrito à folha SH.22-V-C-IV-1, não cobrindo a totalidade da área de estudo. Graças à relativa simplicidade da geologia da parte sul da área de estudo, as áreas da sub-bacia que não constavam do referido mapa foram completadas a partir de trabalho de campo associado à fotointerpretação.

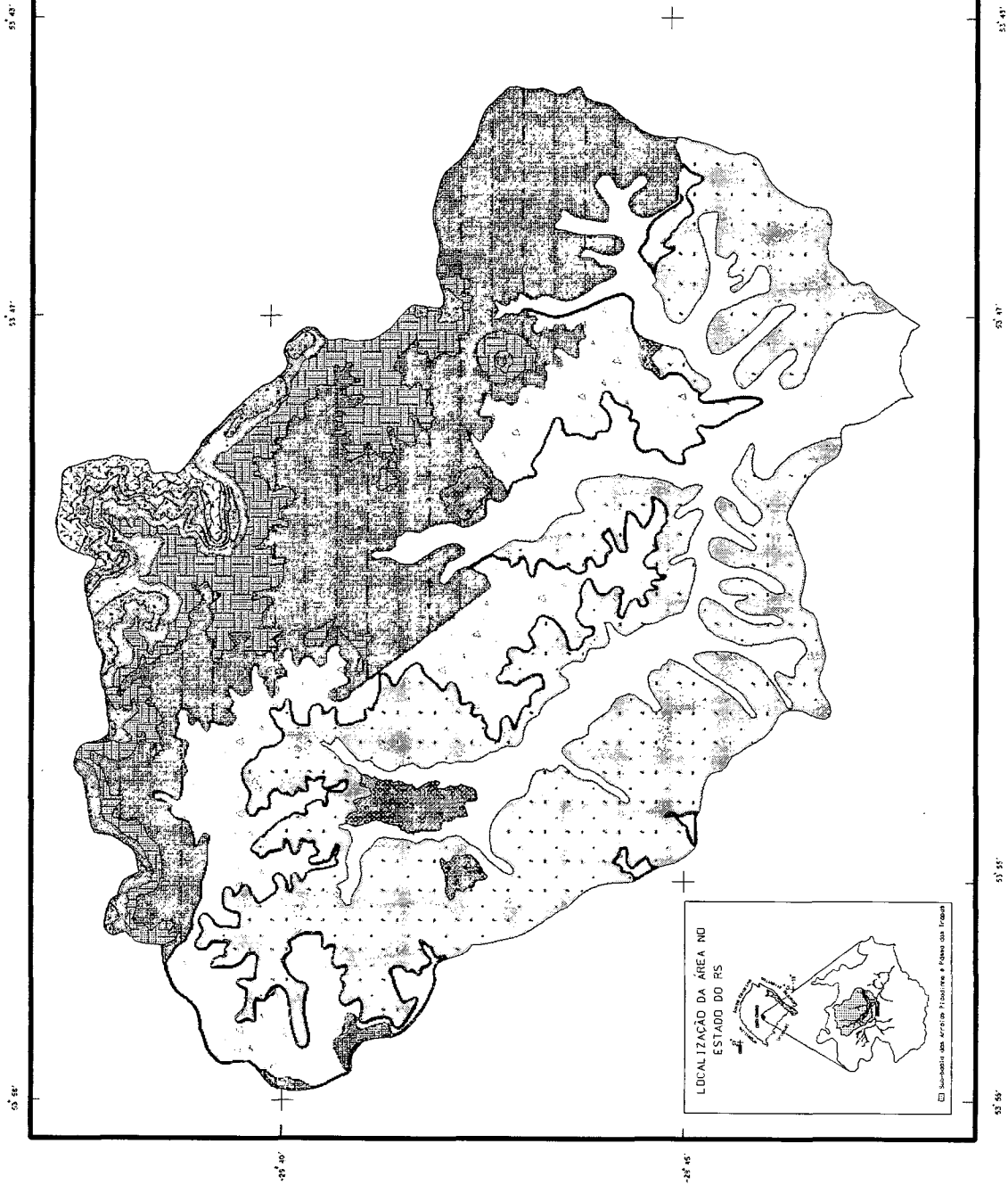
Neste mapa é possível observar o predomínio de sedimentos Triássicos na maior parte da área, relativos à Formação Santa Maria - Membros superior (Alemoa - siltitos argilosos) e inferior (Passo das Tropas - arenitos grosseiros com estratificação cruzada de ambiente fluvio-lacustre)- e Formação Rosário do Sul (arenitos finos com estratificação cruzada de origem fluvial);

A Formação Santa Maria, em especial, representa a área sobre a qual se assenta a maior parte do sítio urbano da cidade, caracterizada por uma topografia de coxilhas suavemente onduladas, quase sempre abaixo da cota de 100 metros. Essas rochas tendem a dar origem a solos profundos, sobre os arenitos do Membro Passo das Tropas e mais rasos, porém com maior teor de argila, sobre os siltitos avermelhados do Membro Alemoa. Porém ambos os Membros são bastante susceptíveis à erosão, formando, após as enxurradas, processos de ravinamento que localmente são denominados de "sangas".

Já a Formação Rosário do Sul, segundo BORTOLUZZI (1971), é composta essencialmente de materiais arenosos que se situam entre a Formação Estrada Nova (que não ocorre na área) e a Formação Santa Maria.

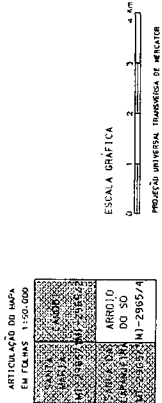
Ao norte, em pequena parte da área, rochas vulcânicas intercaladas pelo arenito da Formação Botucatu apresentam uma discordância com uma camada de arenitos médios e finos da Formação Caturrita; esta última, separada da Formação Botucatu é elevada à categoria de Formação a partir dos estudos realizados por MEDEIROS (1980).

Nas partes mais baixas, acompanhando o curso dos rios, aparecem sedimentos quaternários (recentes, junto às áreas de deposição, e pleistocênicos junto aos Terraços fluviais, que situam-se pouco acima dos primeiros). Estes, constituem importante fonte de



COLUNA ESTRATIGRÁFICA		
ERA	FORMAÇÃO	LITOLÓGICAS
CENÔZOICO	ALBUQUERQUE	Calheta, areia, silte e argilas fluviatís
	ALBUQUERQUE	Calheta, areia, silte e argilas fluviatís
	ALBUQUERQUE	Calheta, areia, silte e argilas fluviatís
MESOZOICO	ALBUQUERQUE	Calheta, areia, silte e argilas fluviatís
	ALBUQUERQUE	Calheta, areia, silte e argilas fluviatís
	ALBUQUERQUE	Calheta, areia, silte e argilas fluviatís
PALEOZOICO	ALBUQUERQUE	Calheta, areia, silte e argilas fluviatís
	ALBUQUERQUE	Calheta, areia, silte e argilas fluviatís
	ALBUQUERQUE	Calheta, areia, silte e argilas fluviatís

MAPA DE GEOLOGIA



Atualização e Edição : Adriano S. Figueira  
Fonte : Adaptado de GASPAROTTO et al. (1988)

Mapa 3 - Geologia da área de estudo

extração de areia (principalmente nos terraços fluviais e nos meandros abandonados, devido ao pequeno diâmetro e homogeneidade dos grãos), conforme salienta PINTO (1995). A área ocupada por cada uma das categorias estratigráficas aparece representada no quadro 2.

<b>categorias</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
<b>Sedimentos atuais</b>	40.21	15.67
<b>Terraços fluviais</b>	4.11	1.60
<b>Form. Serra Geral (sup.)</b>	2.18	0.85
<b>Form. Serra Geral (inf.)</b>	5.59	2.18
<b>Formação Botucatu</b>	8.05	3.14
<b>Formação Caturrita</b>	17.61	6.86
<b>Formação Santa Maria</b>	56.82	22.15
<b>(membro alemoa)</b>		
<b>Formação Santa Maria</b>	46.55	18.15
<b>(membro Passo das Tropas)</b>		
<b>Formação Rosário do Sul</b>	75.41	29.40

**Quadro 2 - Área ocupada por cada categoria estratigráfica**

A necessidade de utilização de um mapa de geologia no estabelecimento de um zoneamento ambiental parece ser evidente, prescindindo de uma justificativa mais detalhada. Ainda assim, podemos lembrar as influências geradas nas características de solo, pois como afirmam GERASIMOV & GLAZOUSKAYA (apud NOGUEIRA, 1996), as rochas são a principal fonte dos elementos minerais presentes no solo<sup>7</sup>. Além disso, BELTRAME (1994) ressalta a necessidade de análise das características geo-pedológicas em função da suscetibilidade à erosão e pela influência sobre a densidade de drenagem.

<sup>7</sup> Obviamente que excetuam-se aqui os casos em que os solos se formam a partir de depósitos de superfície, tendo pouca ou nenhuma relação com a rocha sub-superficial.

## b) MAPA DE SOLOS :

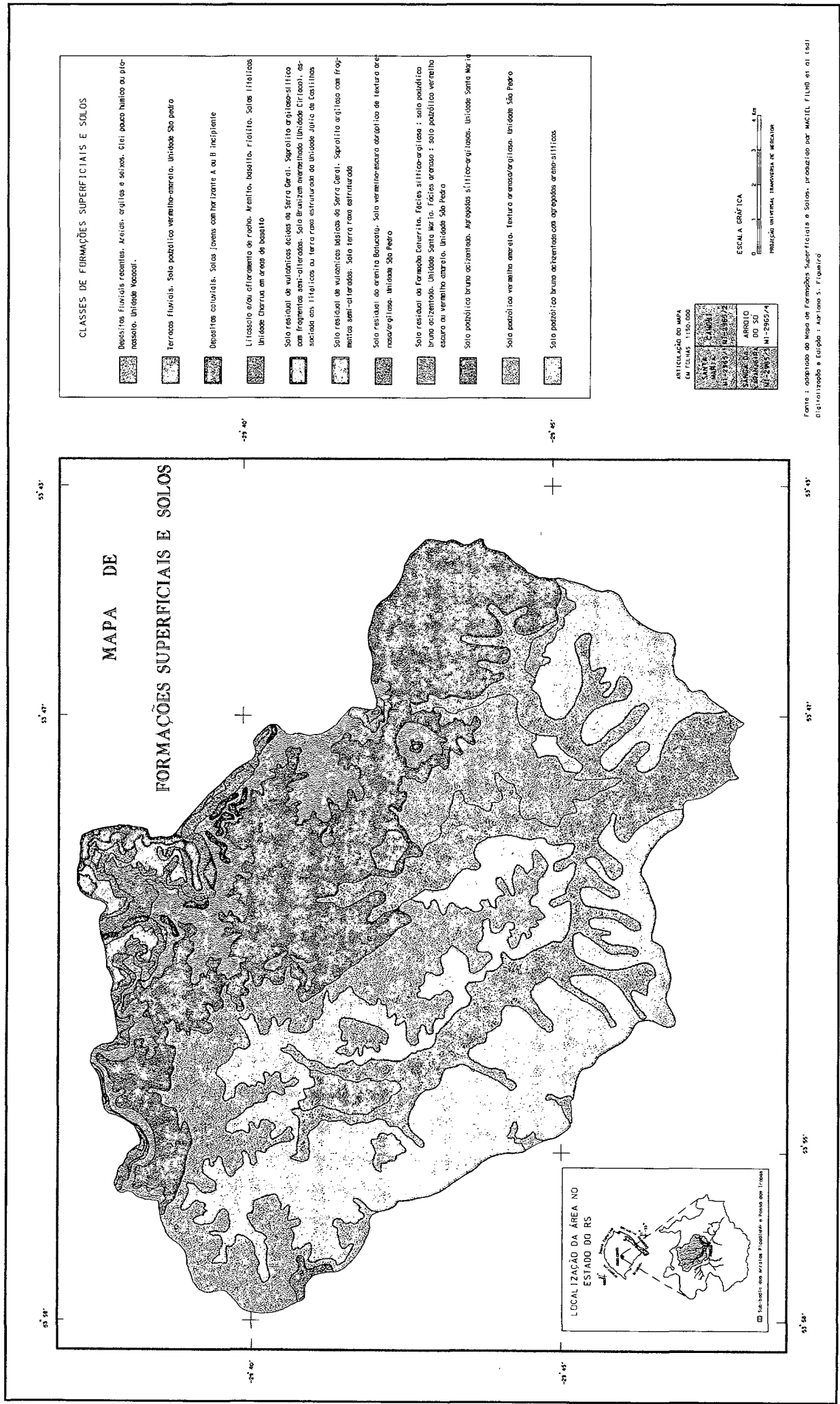
A área estudada ainda não possui um mapa detalhado de solos. No entanto, MACIEL FILHO et al (1989) produziram um mapa também da folha SH.22-V-C-IV-1, intitulado “Mapa de Formações Superficiais e Solos” (mapa 4 e anexo 4), na escala de 1:50000. O referido mapa apresenta algumas características superficiais dos solos encontrados na área de estudo, principalmente aquelas características associadas à litologia de origem, observando-se portanto uma grande coincidência entre a distribuição das áreas nos mapas de solos e de geologia.

Mesmo diante de tal situação, julgou-se que o nível de generalização apresentado pelo mapa era tolerável face às necessidades do trabalho que, por sua natureza, não tem por objetivo um aprofundamento tão grande dos assuntos temáticos.

Da mesma forma que o mapa de geologia, o mapa de solos de que se dispunha não abrangia toda a superfície da área de estudos, tendo sido, portanto, complementado por trabalho de campo associado à fotointerpretação e análise da imagem de satélite, tendo por base o mapa de solos do projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986), publicado na escala de 1:1000000. Considerando-se a profunda relação existente entre as unidades pedológicas e as formas e a intensidade de dissecação do relevo, tornou-se possível traçar os limites ainda não cartografados das unidades pedológicas.

Analisando o mapa pedológico é possível observar o predomínio de solos podzólicos na maior parte da área, originados sobre as Formações Rosário do Sul, Santa Maria e Caturrita. Estes solos pertencem à chamada Unidade de Mapeamento São Pedro, caracterizando-se por terem baixa fertilidade natural e apresentar grande susceptibilidade à erosão e baixa capacidade de retenção de umidade.

Dentre estes, o que mais se destaca pela superfície abrangida é o Podzólico Bruno-Acinzentado, originado dos siltitos e arenitos da Formação Rosário do Sul. Segundo o IBGE (1986), este tipo de solo tem morfologia e feições de hidromorfismo semelhantes aos Planossolos, apresentando, no entanto, o topo do horizonte B mais escurecido. Entre os principais problemas apresentados por esta categoria de solos encontram-se a má drenagem, a baixa fertilidade (localizada em algumas áreas) e a suscetibilidade à erosão.



Mapa 4 - Formações superficiais e solos da área de estudo



Já ao norte da bacia, a decomposição das rochas vulcânicas origina solos que vão desde a terra roxa estruturada até litossolos (quadro 3), intercalados por sedimentos arenosos da Formação Botucatu. Nesta área, onde o relevo montanhoso determina uma alta susceptibilidade à erosão, os solos vão de rasos (solos litólicos da Unidade de Mapeamento Charrua) a medianamente profundos (terra roxa estruturada da Unidade de Mapeamento Júlio de Castilhos que aparece associado aos solos Brunizem da Unidade Ciríaco). A categoria descrita por MACIEL FILHO et al (1989), como “solo residual da Formação Botucatu”, parece corresponder à descrição feita pelo IBGE (1986) para o solo Podzólico Vermelho-Escuro álico e distrófico, representando solos abrupcos, com horizonte A arenoso e horizonte B argiloso. Além da baixa fertilidade natural são altamente suscetíveis à erosão. Isto parece ser especialmente importante pelo fato deste solo ocupar normalmente áreas de maior declividade.

<b>categorias</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
<b>glei ou planossolo</b>	41.09	16.02
<b>terraços fluviais</b>	3.09	1.20
<b>depósitos coluviais</b>	2.01	0.79
<b>litossolo</b>	4.58	1.78
<b>brunizem</b>	1.68	0.65
<b>terra roxa estruturada</b>	4.22	1.65
<b>podzólico vermelho-escuro</b>	3.62	1.41
<b>podzólico, residual da Formação Caturrita</b>	17.07	6.65
<b>podzólico Bruno-Acinzentado. Unidade Santa Maria</b>	55.23	21.53
<b>solo podzólico Vermelho-Amarelo</b>	47.14	18.38
<b>solo Bruno-Acinzentado</b>	76.80	29.94

Quadro 3 - Área ocupada pelas categorias de solos

Torna-se dispensável discorrer sobre a importância da variável “solos” no contexto da análise ambiental, visto ser ela (associada a outras variáveis) uma das principais responsáveis pela definição do tipo e intensidade do uso que se faz do espaço nas áreas rurais. Além disso, devido às suas características estruturais, o solo é uma variável fundamental para o entendimento do comportamento da drenagem e, em consequência, do desencadeamento do processo erosivo.

### c) MAPA GEOMORFOLÓGICO :

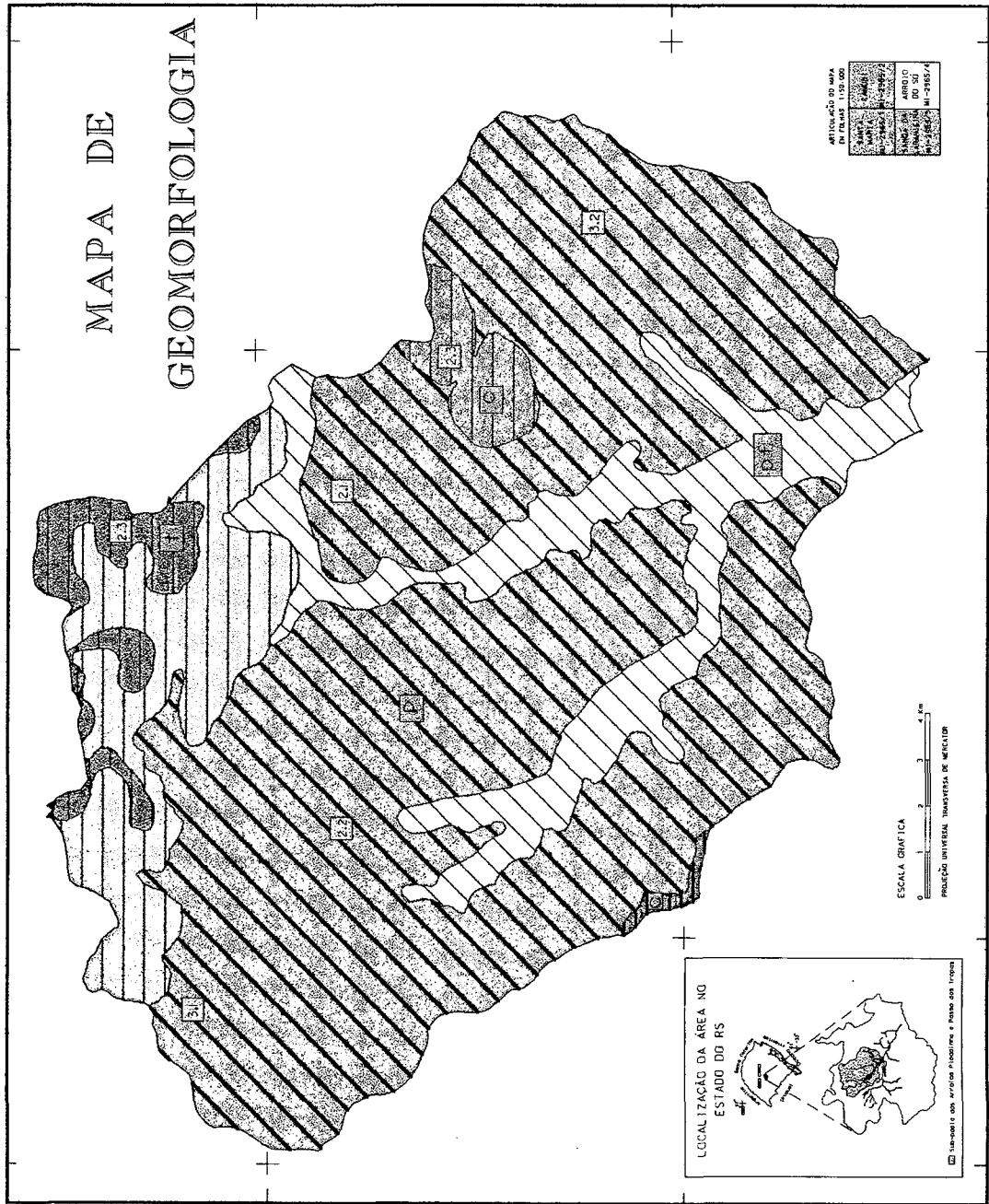
Deve-se salientar que o mapa temático elaborado para a geomorfologia não se destina à uma análise setorial mais aprofundada, devido a simplificação do mesmo, face à extrema complexidade que normalmente envolve a elaboração deste tipo de cartograma. Como afirmam ARGENTO e CRUZ (1996):

Os mapas geomorfológicos apresentam um grau de complexidade maior que o dos demais mapas temáticos. O solo, a vegetação, a geologia e os recursos hídricos são componentes da natureza mais facilmente representados, por estarem associados a classificações taxionômicas internacionalmente consagradas. (p.266)

O mapa geomorfológico (mapa 5 e anexo 5) foi elaborado a partir do esboço desenvolvido por PEREIRA, GARCIA NETTO e BORIN (1985) e com base na metodologia proposta por ROSS (1991), porém com as devidas adaptações à escala e limitações do trabalho. O modelo proposto pelo autor refere-se a um estudo produzido na escala de 1:500000, o que permitiu, por exemplo, que se trabalhasse com grandes unidades morfoestruturais, o que já não é o caso do presente trabalho.

Assim, o mapa geomorfológico produzido apresenta uma hierarquização do relevo em cinco diferentes classes (taxons) :

1° TAXON - Unidades Morfoesculturais : correspondem aos compartimentos e subcompartimentos do relevo pertencentes a uma única morfoestrutura (no caso, a Bacia Sedimentar do Paraná) e posicionados em diferentes níveis topográficos. Para a



Fonte : adaptado do Esboço Geomorfológico do município de Santa Maria, produzido por PEREIRA et al. (1985).  
Digitalização e Edição : Mariana S. Figueiró

**Mapa 5 Esboço geomorfológico da área de estudo**  
Fontes adaptado de FERRAZ, GARCIA NETTO e BORIN (1985)

bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas foram identificadas seis unidades morfoesculturais, as quais foram representadas por cores diferentes : Planície aluvial, Depressão central, Coxilhas, Morros-testemunho, Rebordo do planalto e Topo do planalto (quadro 4).

2° TAXON - Modelado : nesta classe foram incluídos os agrupamentos de formas de agradação (relevo de acumulação) e formas de denudação (relevo de

<b>categorias</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
<b>planície aluvial</b>	32,26	12,57
<b>depressão central</b>	182,32	71,05
<b>coxilhas</b>	0,92	0,39
<b>morros-testemunho</b>	5,99	2,33
<b>topo do planalto</b>	8,67	3,38
<b>rebordo do planalto</b>	26,37	10,28

Quadro 4 - Área ocupada pelas unidades morfoesculturais

dissecação), que foram representadas por tramas diferenciadas.

3° TAXON - Conjunto de formas semelhantes : nesta classe foram incluídas as diferentes tipologias do modelado do relevo, que foram representadas por letras. Adotando-se a sugestão de ROSS (1991), caracterizou-se os seguintes elementos : para os relevos de dissecação, formas convexas ( c ), aplanadas ( a ), tabulares ( t ) e aguçadas ( a ); para os relevos de acumulação, planície fluvial ( pf ).

4° TAXON - Dimensão de formas : este nível corresponde a uma representação quantitativa do grau de dissecação do relevo, sendo representado por uma combinação de dois números, conforme é apresentado no quadro 5.

intensidade de dissecação do relevo	distância interfluvial média		
	≤ 250 m (1)	> 250 m ≤ 750 m (2)	>750 (3)
fraca (1)	1.1	2.1	3.1
média (2)	1.2	2.2	3.2
forte (3)	1.3	2.3	3.3

Quadro 5 - Classificação do relevo quanto à dimensão das formas

Fonte : adaptado de ROSS (1991, p. 68)

Na metodologia proposta por ROSS (1991), a coluna referente à intensidade de dissecação do relevo aparece como grau de entalhamento dos canais, o qual foi levantado com medidas sistemáticas de campo. Como para o presente estudo tal procedimento tornar-se-ia impraticável, face à limitação de tempo, optou-se pela utilização de um índice de intensidade de dissecação do relevo. Para tanto, foram seguidos os mesmos procedimentos adotados por ROSA (1995), utilizando-se a dimensão espacial da forma, o aprofundamento dos canais de drenagem e a declividade das vertentes, deduzidos através da imagem de satélite e fotografias aéreas e apoiados por trabalho de campo. Assim, foi possível identificar :

Relevo de dissecação fraca - corresponde às áreas de menores altitudes e declividades, representadas pelas planícies e terraços fluviais. Nestas áreas, a dissecação é muito fraca ou quase nula, predominando fundamentalmente os processos de aggradação.

Relevo de dissecação média - corresponde às áreas da Depressão Central e coxilhas, dominadas por um relevo suavemente ondulado, com predomínio das formas

convexas. A pequena declividade e a predominância de uma textura arenosa nos solos destas áreas não permite que a dissecação do relevo seja muito intensa.

Relevo de dissecação forte - corresponde às áreas de maior altitude e declividade, situadas ao norte da sub-bacia, onde a rede fluvial realiza um trabalho erosivo mais intenso. Nestas áreas, onde o relevo assume formas mais acentuadas, percebe-se um maior grau de entalhamento dos canais.

5° TAXON - Formas lineares do relevo : esta classe tem por objetivo salientar algumas características morfológicas mais acentuadas das formas de relevo, tendo sido representada por símbolos gráficos lineares. Neste caso, procurou-se enfocar em especial as áreas escarpadas do rebordo do planalto.

Inúmeros podem ser os motivos levantados como justificativa ao uso do mapeamento geomorfológico no processo de zoneamento ambiental. No entanto, vamos relacionar apenas dois que julgamos mais importantes. Em primeiro lugar, é inegável o papel representado pelo relevo na formação dos solos, tal como comentam BIGARELLA, BECKER e PASSOS (1996) : "O relevo desempenha um papel importante afetando grandemente os processos de formação dos solos, além de influir na drenagem interna e externa do solo, bem como modificando as condições microclimáticas locais onde o solo se desenvolve" (p.460). Além disso, é sabido que a idade e as propriedades dos solos variam de acordo com a sua posição na vertente.

Em segundo lugar, pode-se afirmar que o relevo representa as grandes compartimentações que estruturam e modelam a dinâmica da paisagem em maior ou menor intensidade. Assim, a distribuição do relevo reflete ou é refletida pelo comportamento das demais variáveis ambientais, ao menos em linhas gerais.

#### d) MAPA DE DECLIVIDADES :

Atualmente, qualquer trabalho que envolva a determinação da dinâmica e dos processos ambientais requer, necessariamente, a análise da distribuição da declividade do terreno, principalmente quando a ela se sobrepõe o mapa de uso do

solo. Conforme CASSOL (1996) :

Em trabalhos realizados em bacias hidrográficas, VILELLA & MATTOS (1975) comentam que a declividade tem importância fundamental na velocidade do escoamento superficial e, portanto, com fortes implicações no processo de erosão dos solos. (p.18)

Já ASSAD (1993) acrescenta a suscetibilidade à erosão, o parâmetro de impedimento à mecanização para ressaltar a importância da variável declividade. Não só o uso agrícola do solo, mas também a vegetação natural é condicionada pela declividade (de forma direta, pela facilidade ou dificuldade de fixação e de forma indireta pela profundidade e características do solo que ali se desenvolve).

Segundo DUARTE (1988), o ângulo da declividade é a tangente trigonométrica que resulta da inclinação de uma linha do relevo em relação à linha do horizonte. Com base neste princípio, diversos trabalhos (DE BIASI 1970 e 1992) foram elaborados, apresentando uma metodologia para elaboração da carta de declividades a partir do uso de um ábaco ou diapasão.

O estabelecimento de classes de declividade envolve não só indicações para uso adequado do solo como também o regulamenta, tendo por base o Código Florestal. HERZ e DE BIASI (apud CASSOL, 1996), propõem os seguintes limites para as classes de declividade<sup>8</sup> :

< 5 % - Corresponde ao limite urbano-industrial utilizado internacionalmente;

5 - 12 % - Esta classe define o limite máximo para o emprego da mecanização agrícola. ROSA (1995) comenta que mesmo uma declividade de 5 a 10% já pode oferecer restrições quanto ao uso de implementos agrícolas.

12-30 % - Segundo CASSOL (1996, p.20), "o limite de 30% é definido por Legislação Federal - Lei 6766/79 - também chamada de Lei Lehman, que vai definir o limite máximo para a urbanização sem restrições, a partir da qual toda e qualquer forma de parcelamento far-se-á através de exigências específicas<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Efetivamente, a consulta à bibliografia disponível permitiu concluir que não há um consenso entre diferentes autores quanto à determinação do intervalo das classes de declividades. Face a isso, a adoção, para a área em questão, das classes propostas por CASSOL (1996) resultou satisfatória para as necessidades do trabalho.

<sup>9</sup> A Lei 6.766/79, de autoria do senador Otto Lehmann dispõe sobre as formas de parcelamento dos lotes urbanos. MACHADO (1995), citando a Lei, comenta : "Os terrenos com declividade igual ou

30-56 % - O Código Florestal estabelece o limite de 56%<sup>10</sup> (25°) como limite máximo permitido para o corte raso de florestas. A partir deste limite, o corte só é permitido quando acompanhado por um plano adequado de manejo.

> 56 % - Nesta classe encontram-se as áreas florestais cuja derrubada é proibida por lei, sendo permitida apenas a extração de toras em regime de utilização racional.

A digitalização das curvas de nível permitiu que o mapa de declividades (mapa 6), para o presente trabalho, fosse feito de forma automática, poupando assim um esforço quase sempre considerável quando da elaboração manual de mapas desta natureza. Inicialmente, foi necessário fazer uma interpolação das curvas, para que todos os espaços entre uma e outra assumissem um determinado valor altimétrico. Do contrário, estes espaços seriam tomados como altitude 0. Isto é feito a partir do comando "INTERCON" do IDRISI. Posteriormente, o comando "SURFACE" constrói um mapa de declividades automaticamente<sup>11</sup>. Por fim, com o comando "RECLASS", o mapa é reclassificado segundo os intervalos de classe desejados.

A título de comparação, selecionou-se uma pequena área no interior da sub-bacia, para a qual foi elaborado, manualmente, um mapa de declividades. Comparando-se os dois processos (automático e manual) na área-teste, foi possível observar que o método manual (se bem feito) permite uma maior precisão e melhor visualização das diferenças de declive. No entanto, o mapa automático tem a seu favor a rapidez de realização e a possibilidade de cruzamento com outros mapas temáticos sem que isto envolva maiores esforços; isto foi significativo para que optássemos por ele.

---

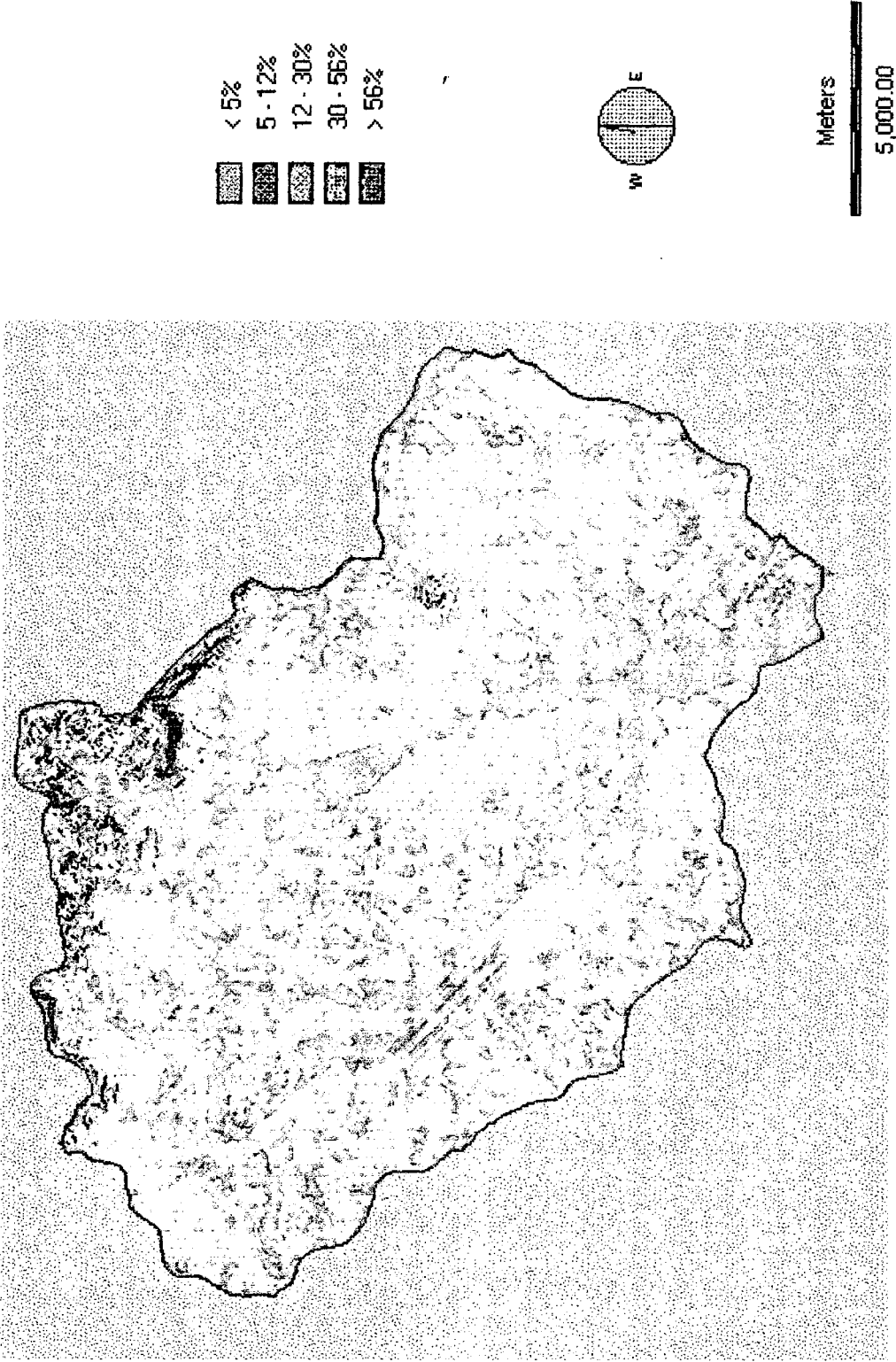
superior a trinta por cento, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades, não poderão ser loteados" (p.261).

<sup>10</sup> Inexplicavelmente, CASSOL (1996) utiliza o índice de 47% para o limite superior desta classe. Como não se encontrou sustentação para tal, manteve-se os 56% (25°), tal como previsto em Lei.

<sup>11</sup> Os mapas de declividade podem apresentar alguma variação em função do tamanho do pixel estipulado quando da transformação das curvas de nível do formato vetorial para o formato raster.



*Edição*



Mapa 6 - Distribuição das declividades (em %) na área de estudo

Julgou-se que o emprego de apenas cinco classes de declividade (quadro 6) seria plenamente satisfatório para os objetivos a que se propõe o presente trabalho. Para tanto, optou-se pelo uso dos limites propostos por HERZ e DE BIASI (apud CASSOL, 1996), com pequena modificação no limite superior da quarta classe e inferior da quinta.

<b>categorias</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
<b>&lt; 5 %</b>	57.88	22.56
<b>5 - 12 %</b>	156.99	61.20
<b>12 - 30 %</b>	32.09	12.51
<b>30 - 56%</b>	4.85	1.89
<b>&gt; 56 %</b>	4.72	1.84

Quadro 6 - Área ocupada pelas classes de declividade

#### .e) MAPA DE USO DO SOLO :

Pela expressão “uso do solo”, deve-se entender as diferentes formas de ocupação que estão sendo desenvolvidas no interior da área estudada. O uso do solo é, dessa forma, um dos principais indicadores dos níveis de troca que se estabelecem nas relações sociedade/ natureza, sendo a sua análise de vital importância para o entendimento da estrutura e da dinâmica ambiental de um espaço qualquer.

O processo de urbanização extremamente rápido, associado ao dinamismo das atividades econômicas, impõe um ritmo acelerado na transformação dos padrões de ocupação do espaço. Tal fato exige que as análises de uso do solo se processem também num ritmo acelerado, além da necessidade implícita de uma atualização constante. Para fazer frente a tais necessidades, vem sendo cada vez mais comum a utilização do sensoriamento remoto como instrumento para o mapeamento do uso do solo. Segundo ARGENTO e CRUZ (1996),

as imagens de sensoriamento remoto representam, atualmente, uma das mais eficazes forma viáveis de monitoramento ambiental, em escalas locais e globais, por causa da rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam. (p.278)

Para a realização do presente trabalho, dispunha-se de uma imagem LANDSAT de outubro de 1995, na escala de 1:100000, com os canais TM 3, 4 e 5. Apesar da ausência das bandas TM 1,2 e 7, EASTMAN (1995) afirma que as bandas que proporcionam o maior número de informações são as do infravermelho próximo (4 e 5 no TM) e do vermelho (3 no TM), tal como pode ser comprovado no quadro 7.

BANDA	INTERVALO ESPECTRAL ( $\mu$ m)	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES
3	0,63 - 0,69 vermelho do visível	Banda de absorção da clorofila na vegetação verde sadia, representando uma das bandas mais importantes para a discriminação de densidades de cobertura vegetal (quando combinada com a Banda 4). É útil para representar delineamentos de solos e geológicos. Esta banda apresenta mais contrastes que as anteriores em função da redução do efeito atmosférico.
4	0,76 - 0,90	Identificação da cobertura vegetal em função de localizar-se no intervalo espectral relativo ao pico de reflectância da vegetação verde. A absorção pela água da radiação neste comprimento de onda possibilita a distinção dos corpos d'água. Pode também apresentar sensibilidade à morfologia do terreno.
5	1,55 - 1,75 infravermelho médio	Conteúdo de umidade do solo e da vegetação, servindo para observar estresse na vegetação, provocado por desequilíbrio hídrico. Detecção de mineralizações superficiais e de compostos com hidrófilas e carbonatos.

Quadro 7 - Características das bandas 3,4 e 5 do sensor TM do Landsat

Fonte : COLLISCHONN et al (1996)

Todo o processamento da imagem e elaboração do mapa de uso do solo foi realizado com o auxílio do programa IDRISI (versão for windows), que consiste em um software desenvolvido pela Graduate School of Geography at Clark University, Massashussets, baseado no formato raster de representação dos dados. Utiliza banco de dados externo com interface para o dBASE e realiza tanto as operações normais de processamento de imagens, quanto aquelas destinadas ao Sistema de Informações Geográficas. Trata-se de um sistema que tem praticamente todas as funções que são

normalmente encontradas em um SIG de maior porte, porém com um custo relativamente baixo. Optou-se pela utilização deste programa devido ao fato de que o mesmo já se encontrava instalado no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geociências da UFSC.

Feitas todas as combinações possíveis entre os três canais brutos disponíveis visando ressaltar a vegetação e, principalmente, tentar diferenciar o reflorestamento, optou-se pelo uso da composição colorida 3-5-4<sup>12</sup> (figura 20), onde a vegetação é apresentada em vermelho. Além de garantir uma melhor impressão sobre o papel, o vermelho também permite uma melhor diferenciação de tonalidades. Sobre esta composição colorida, foram feitos os seguintes tratamentos :

1. **Correção atmosférica.** Neste procedimento são subtraídos do histograma de frequência os menores valores de reflectância<sup>13</sup>, redistribuindo automaticamente os demais e permitindo uma melhor visualização da imagem através da eliminação dos efeitos causados pela atmosfera quando da passagem do sensor. No IDRISI este procedimento é realizado com o comando "SCALAR".

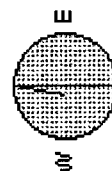
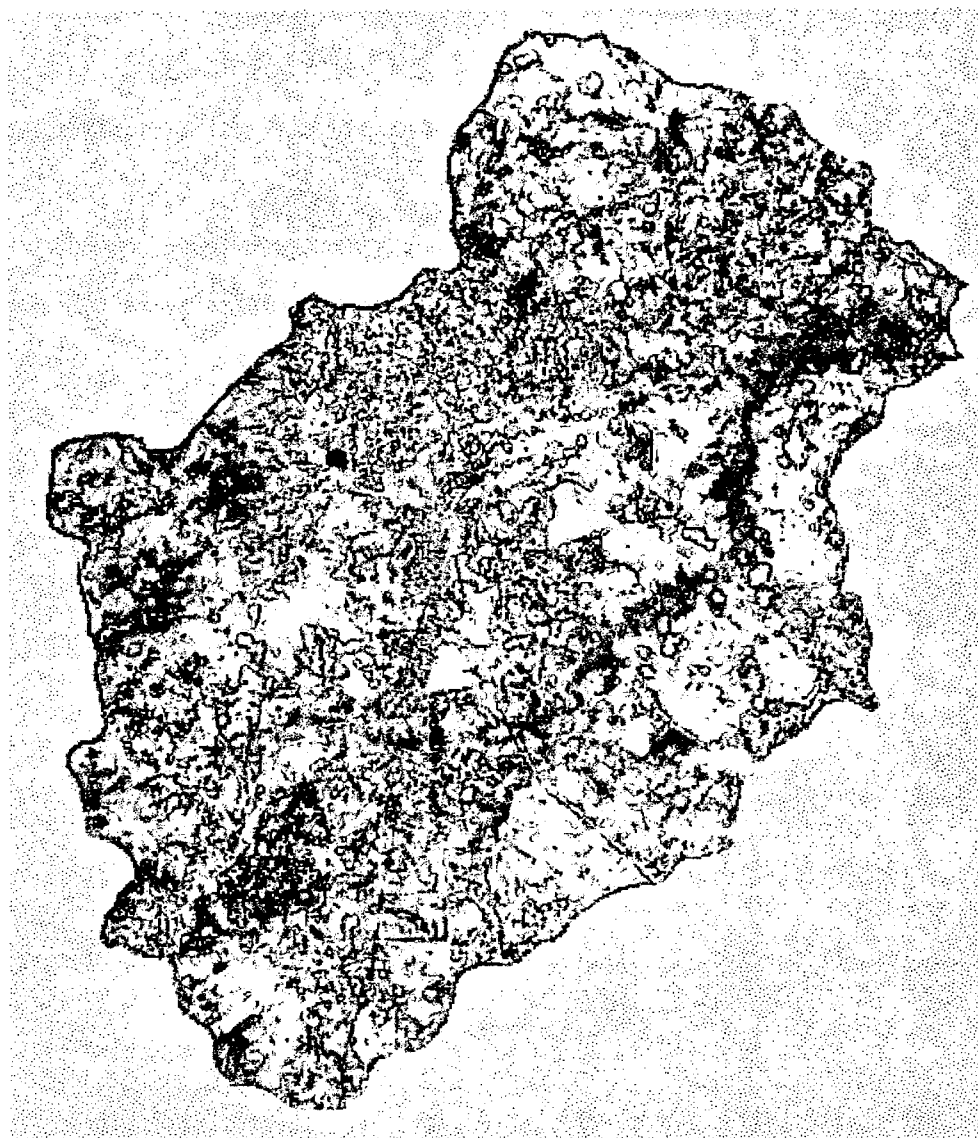
2. **Correção geométrica.** Segundo NOVO (1989), as imagens geradas por sensores remotos estão sujeitas a uma série de distorções quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies e fenômenos nela representados. Como a

---

<sup>12</sup> A combinação dos canais brutos de uma imagem e a correlação destes com a paleta de cores, no IDRISI, segue um padrão BGR (azul, verde e vermelho).

<sup>13</sup> Uma imagem de satélite é captada pelo sensor a partir de 256 níveis de cinza (intensidade de reflectância). Com o uso de paletas de cor preestabelecidas, o software permite a visualização de uma composição de três canais brutos em falsa cor, onde cada cor é atribuída a um dado nível de reflectância, já que o olho humano dificilmente consegue reconhecer mais do que 30 tons diferentes de cinza (CROSTA, 1992). Dessa forma, é subtraído o valor mínimo para que os demais valores possam ser redistribuídos sobre os 256 níveis, gerando um maior "espalhamento" dos índices de reflectância e, por conseguinte, permitindo uma melhor diferenciação.

**IMAGEM LANDSAT (cc 3-5-4) DA ÁREA DE ESTUDO**



**Figura 20 - Composição colorida (TM 3-5-4) da área de estudo**

realização do presente trabalho necessitaria de que o mapa de uso do solo fosse cruzado com outros mapas temáticos, era de fundamental importância conferir uma precisão cartográfica à imagem (e, por conseguinte, ao mapa gerado a partir dela), georreferenciando todos os elementos da mesma.

Para a realização deste procedimento, inicialmente foram identificados alguns pontos que fossem visíveis na imagem e na carta topográfica. Na mesa digitalizadora, criou-se um arquivo de referência destes pontos sobre a carta topográfica (coordenadas UTM), enquanto que na tela do computador foram identificadas as coordenadas de tela (x,y) destes pontos na imagem. Através do comando "RESAMPLE" do IDRISI, foi feito um arquivo de correspondência entre as coordenadas UTM e as coordenadas de tela, para cada ponto.

A partir disso, a sobreposição da imagem corrigida sobre a carta topográfica ou qualquer dos demais mapas temáticos passou a ser perfeita.

**3. Elaboração do mapa de uso do solo** . Inicialmente, tentou-se estabelecer uma classificação automática do uso do solo.

A elaboração do mapa de uso do solo a partir da composição colorida é feita com base na detecção das assinaturas espectrais<sup>14</sup> das diferentes coberturas. Neste caso, o sucesso na interpretação depende de dois fatores :

1°) a presença de assinaturas distintas para as classes de uso do solo de interesse no conjunto das bandas em uso e,

2°) a habilidade do intérprete em distinguir de modo confiável estas assinaturas de outros padrões de resposta espectral presentes.

O produto final da classificação deve corresponder ao máximo possível a realidade. Isto implica em marcar previamente na imagem um conjunto de áreas amostrais que devem ser identificadas em campo, verificando assim a verossimilhança entre o uso real do solo e aquele encontrado a partir do processamento da imagem.

---

<sup>14</sup> Segundo PASSOS (1996, p. 3), uma "assinatura espectral" é uma "medida quantitativa das propriedades espectrais de um objeto numa ou mais bandas espectrais." Tal fato " (...) deriva de dois conceitos fundamentais, ou hipóteses de base, que estão, apenas parcialmente, presentes na realidade: (1) todos os objetos pertencentes a uma mesma classe se caracterizam por assinaturas idênticas; (2) todas as assinaturas de classes de objeto são distintas umas das outras."

Segundo CROSTA (1992), o mapeamento automático do uso do solo pode ser feito de duas maneiras : através de uma “classificação não supervisionada” ou através de uma “classificação supervisionada”. A classificação não supervisionada não requer uma identificação prévia dos alvos por parte do intérprete; ela se baseia no princípio de que o sistema de processamento é capaz de identificar, por si só, as classes espectrais dentro de um conjunto de dados. Neste caso, basta estabelecer o número de classes desejado e o próprio computador se encarrega de estabelecer os intervalos de reflectância e agrupar os pixels da imagem no número de classes solicitado. Em geral, os resultados obtidos por este processo não são satisfatórios.

Pela classificação supervisionada, o analista deve visitar previamente a área a ser classificada, fazendo observações de campo de locais específicos dentro da área imageada (de preferência no momento da passagem do satélite). Após, em laboratório, determina-se a que categoria de uso do solo correspondem determinadas assinaturas espectrais selecionadas. Por um processo estatístico, o programa extrapola esta correlação para todas as demais assinaturas espectrais da imagem, segundo as categorias preestabelecidas.

Já de início foi possível observar que a classificação automática da imagem que se tinha não seria tarefa das mais fáceis, já que o histograma de frequência aponta valores que variam do 0 (sombra de nuvens) ao 215 (nuvens) (gráfico1). Era de se esperar, portanto, uma certa dificuldade de agrupar um espectro tão amplo de níveis de reflectância em sete classes que haviam sido previamente estabelecidas (campo, área urbana, vegetação arbórea, culturas irrigadas, reflorestamento, culturas de terreno seco e superfícies de água).

Mais a pretexto de curiosidade, tentou-se a elaboração de uma classificação não supervisionada, mas a mesma se mostrou inútil, tal como já era esperado.

Partiu-se então para a delimitação de polígonos de treinamento que foram posteriormente identificados em campo. Retornando ao laboratório, e com base nas assinaturas espectrais dos polígonos de treinamento, tentou-se elaborar um mapa de classificação supervisionada de uso do solo<sup>15</sup>. Infelizmente o resultado também não se

---

<sup>15</sup> Para tanto, utilizam-se os comandos “MAKESIG”, para criar um arquivo com as assinaturas espectrais dos polígonos de treinamento a partir dos canais brutos; o comando “SIGCOMP”, para visualizar o produto de MAKESIG, e o comando “MAXLIKE”, que extrapola as assinaturas dos polígonos de

mostrou satisfatório, devido à proximidade do índice de reflexão de alguns elementos, que não permitiu uma diferenciação adequada entre as sete classes desejadas (gráfico 2).

Uma nova tentativa, buscando aumentar o número de classes e, por consequência, diminuir o intervalo de reflectância de cada uma delas, também não proporcionou melhor diferenciação. Isso devido a :

\* uma presença acentuada de nuvens sobre a área de estudo; isto, além de encobrir uma porção do terreno, inseriu no histograma de freqüência valores muito altos de reflectância, que acabaram confundindo as nuvens com área urbana ou solo nu;

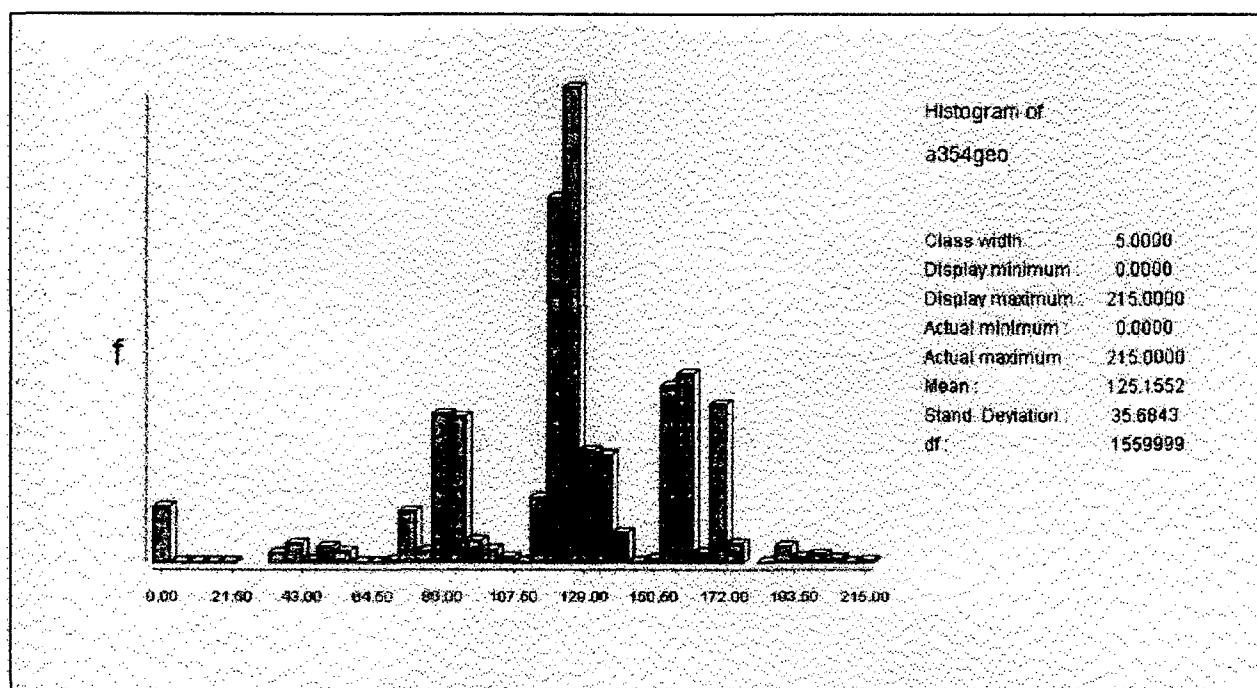


Gráfico 1 - Histograma de freqüência da imagem de satélite utilizada

treinamento para os demais pixel's da imagem, analisando-os por verossimilhança e agrupando-os nas classes preestabelecidas.



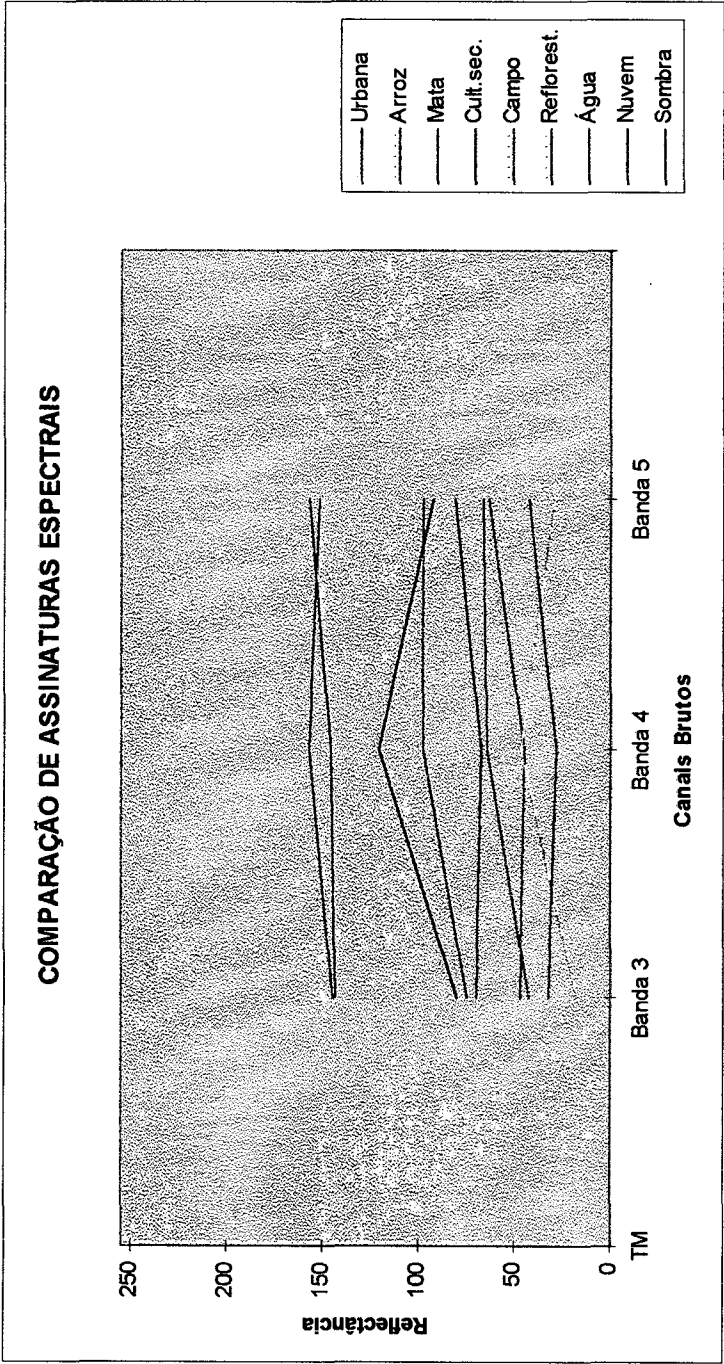


Gráfico 2 - Comparação do nível de reflectância entre os polígonos de treinamento utilizados

\* por outro lado, a presença da sombra das nuvens acabou gerando padrões de reflectância muito baixos, dificultando a diferenciação com algumas superfícies líquidas e com a mata situada na sombra;

\* a existência de uma porção da mata totalmente exposta ao sol e outra porção na sombra acarretou uma amplitude demasiadamente grande de reflectância para a classe "mata", dificultando a sua diferenciação das demais.

Assim, entendeu-se por bem abandonar a busca de uma classificação automática e partir para a elaboração de uma classificação visual do uso do solo.

Apesar de terem sido feitas quatro viagens a campo com a finalidade exclusiva de checar os padrões de reflectância dos alvos, a classificação visual da imagem de satélite ficou prejudicada pelos seguintes elementos :

- falta de um tempo maior para corrigir as classes identificadas na imagem, com o uso de aerofotogramas. Isto poderia ter permitido, por exemplo, a separação entre mata e capoeirão, o que não foi possível de ser obtido exclusivamente a partir da imagem;

- dificuldade de interpretação do comportamento espectral dos alvos em face da época da imagem (outubro); nesta época, as culturas de inverno já foram colhidas e as de verão ainda não foram plantadas e/ou não se desenvolveram;

- intensa umidade de algumas áreas de campo, mascarando o padrão de reflectância das áreas destinadas ao plantio de arroz;

- falta de observações a campo em datas próximas ao período de imageamento (outubro de 1995), visto que os campos se realizaram em junho e agosto de 1996 e fevereiro de 1997;

- baixa qualidade da ampliação em papel conseguida para fazer a análise visual da imagem.

Apesar disso, foi possível a identificação visual das setes classes pretendidas de

uso do solo (mapa 7 e anexo 6), que foram identificadas sobre a imagem e, posteriormente, digitalizadas. Apenas ressalta-se que, do ponto de vista quantitativo, a área ocupada por cada uma das classes apenas pode servir como indicativo de comportamento (quadro 8), apresentando, portanto, limitações no que diz respeito à construção de uma série histórica de dados quantitativos (o que, aliás, não é o objetivo do presente trabalho).

<b>Classe de uso</b>	<b>ha</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
<b>campo</b>	17.597,90	175,98	68,60
<b>área urbana</b>	3.089,10	30,89	12,04
<b>vegetação arbórea nativa<sup>16</sup></b>	2.650,20	26,50	13,53
<b>culturas irrigadas</b>	352,40	3,52	1,37
<b>reflorestamento</b>	647,60	6,48	2,53
<b>culturas de terreno seco</b>	1.065,00	10,65	4,15
<b>água</b>	250,80	2,51	0,98

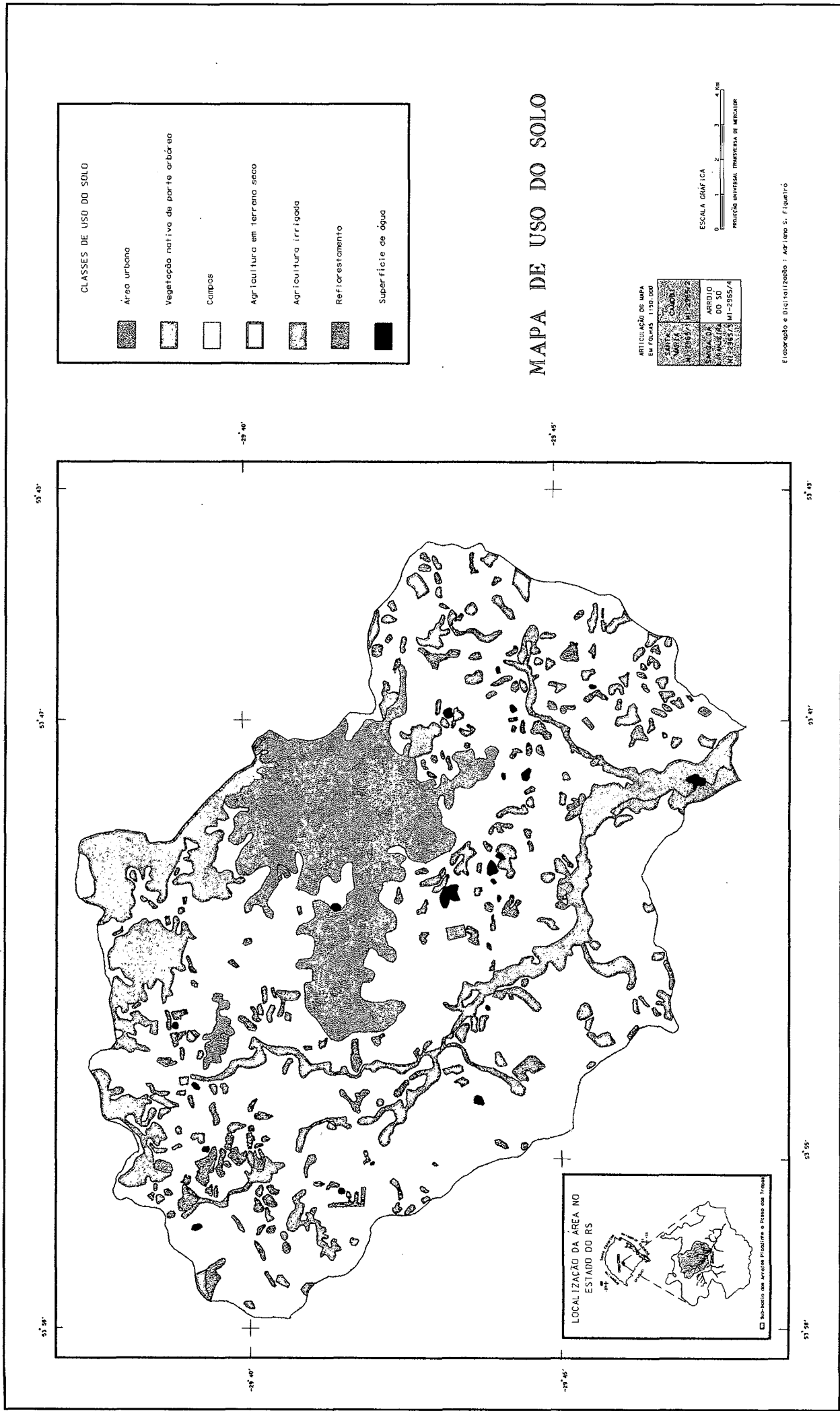
Quadro 8 - Área ocupada pelas classes de uso do solo

Com os mapas temáticos elaborados e inseridos no sistema, já se dispunha dos elementos necessários para dar prosseguimento à segunda etapa do processo de zoneamento, o cruzamento das informações.

#### 4.2.2 - Manipulação dos dados

O cruzamento de diferentes mapas temáticos, bem como a conexão destes com os seus respectivos bancos de dados, representa uma das principais características dos

<sup>16</sup> Devido às dificuldades já mencionadas de diferenciação, foram incluídas nesta classe desde vegetações arbustivas de maior porte (capoeirão) até as manchas da floresta decidual, propriamente ditas.



Mapa 7 - Classes de uso do solo identificadas a partir da imagem de satélite (1995)

Sistemas de Informação Geográfica (figura 21). Para VALÉRIO FILHO (1995),

O funcionamento de um SIG consiste na superposição digital de planos de informação (mapas). Cada plano de informação é análogo a uma matriz, que contém informações espaciais de cada elemento ou cela. A superposição é efetuada com base em operações simples entre os elementos das matrizes superpostas. (p.137)

Nos cruzamentos, cada "plano digital de informação", também chamado de "layer", é sobreposto aos demais, surgindo daí a possibilidade de uma análise integradora entre eles. Como diz FERREIRA (1996) : "é como se sobrepuséssemos um a um os mapas da área estudada e, em um pixel, espetássemos um alfinete na posição vertical e retirássemos uma pilha de informações daquele pixel" (p.487).

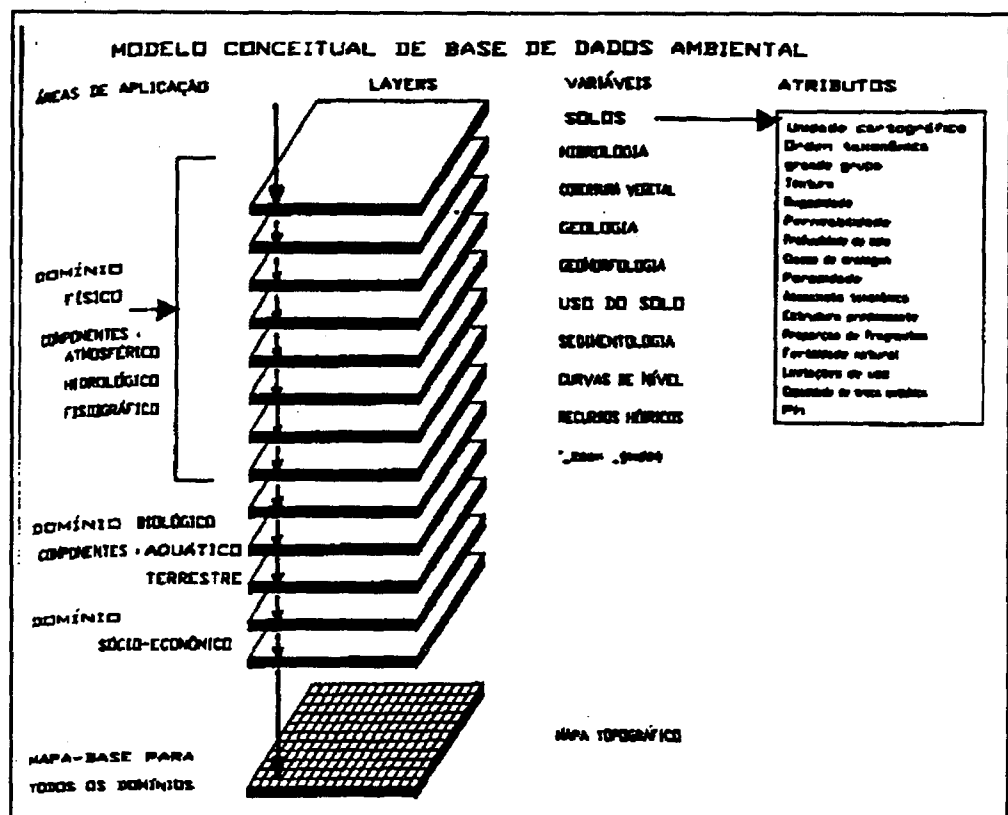


Figura 21 - Cruzamento de informações e construção de base de dados no SIG

Diante de tais “facilidades” e potencialidades propiciadas pelo geoprocessamento, alguns autores, como SILVEIRA (1996), chamam a atenção para a possibilidade de um “*reencantamento da técnica*” promovida pelo tratamento digital de informações. Evidentemente, deve-se ter um profundo cuidado para que o desenvolvimento de tal instrumentação não acabe por substituir, como afirma SANTOS (1992), a “natureza analítica” pela “natureza cibernética ou sintética”. No entanto, é preciso da mesma forma ficar atento para que o discurso da crítica não acabe por destruir a possibilidade de que a geografia incorpore este importante enriquecimento metodológico, num processo autofágico comumente desencadeado por uma profunda tecnofobia.

Além disso, como salienta CASTRO (1996), “confundir o instrumental com a própria geografia será erro por incapacidade de quem os utiliza, não um problema epistemológico da disciplina” (p.08).

A manipulação dos dados originalmente digitalizados resultou em :

- a) criação de dois novos mapas temáticos (declividades e hipsometria);
- b) reclassificação de dois mapas básicos (geologia e solos);
- c) realização de cinco cruzamentos e quatro reclassificações até chegar ao produto final.

#### a) CRIAÇÃO DE NOVOS MAPAS TEMÁTICOS

##### Mapa Hipsométrico :

O mapa hipsométrico representa as diferentes curvas de nível presentes na área, agrupadas em classes altimétricas, a fim de que as diferenças topográficas possam ser melhor visualizadas. Em verdade, tal mapa resultou da reclassificação do produto gerado a partir do processamento do comando “INTERCON” sobre as curvas de nível já rasterizadas<sup>17</sup>.

Já são bastante conhecidos os efeitos que a topografia impõe ao processo erosivo, devido ao “arranjo” da rede de drenagem sobre a mesma. Dessa forma, a configuração topográfica permite uma análise não só da erosão como também do nível

---

<sup>17</sup> Tal como já foi descrito anteriormente, o comando INTERCON permite estabelecer uma interpolação entre as curvas de nível, formando uma superfície altimétrica contínua. De outra forma, o espaço compreendido entre uma curva e outra seria lido pelo computador como tendo 0 metros de altitude.

de dissecação do relevo. Além disso, como comenta ABAD (1977), a diferenciação topográfica acarreta uma variação na vegetação, seja por influência da profundidade do solo (a qual está ligada ao nível de dissecação do relevo), seja por influência da diferenciação microclimática, como demonstraram DOUGUÉDROIT e SAINTIGNON (1973).

A base para a confecção do mapa hipsométrico foram as cartas editadas pelo DSG, na escala 1:50000, com equidistância entre as curvas de nível de 20 metros.

As classes altimétricas foram estabelecidas com base em uma análise prévia das cartas topográficas, de forma a agrupar as curvas em classes efetivamente representativas da topografia regional. Assim, foram estabelecidas as seguintes classes : 60 a 100m, 100 a 140m, 140 a 180m, 180 a 220m, 220 a 260m, 260 a 300m, 300 a 340m, 340 a 380m e > 380m de altitude (quadro 9).

Pela análise do quadro 9 é possível observar que a maior parte da área estudada está abaixo dos 140 m de altitude, onde aparecem os relevos suavemente ondulados da Depressão Periférica. Na área montanhosa, mais ao norte, as quotas altimétricas vão se sucedendo rapidamente, evidenciando um relevo de alta declividade, cujas maiores altitudes ultrapassam os 400 m.

<b>Categorias</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
<b>60 - 100 m</b>	119.04	46.40
<b>100 - 140 m</b>	99.95	38.96
<b>140 - 180 m</b>	19.24	7.50
<b>180 - 220 m</b>	5.83	2.27
<b>220 - 260 m</b>	3.81	1.48
<b>260 - 300 m</b>	2.97	1.16
<b>300 - 340 m</b>	2.18	0.85
<b>340 - 380 m</b>	1.69	0.66
<b>&gt; 380 m</b>	1.82	0.72

Quadro 9 - Área ocupada pelas classes hipsométricas

Ao contrário do mapa de declividades, este mapa de hipsometria (mapa 8) não foi utilizado diretamente nos cruzamentos, visto que, quando da sua comparação com o mapa de geomorfologia, concluímos que o mesmo estava refletido, em linhas gerais, na distribuição do relevo. Assim, a utilização de ambos os mapas só aumentaria o número de cruzamentos sem que isto se refletisse em qualquer tipo de vantagem analítica.

Apesar disso, o mapa hipsométrico não se mostrou sem utilidade. Mesmo não entrando diretamente nos cruzamentos foi utilizado como elemento de referência para a análise dos mesmos, antes das reclassificações.

#### **b) RECLASSIFICAÇÃO DOS MAPAS-BASE**

Quanto à reclassificação de dois mapas básicos (solos e geologia), justifica-se pelo elevado número de classes originais (9 classes de solo e 11 classes de geologia) que os mesmos apresentavam. Considerando que em um cruzamento o número de classes dos dois mapas que estão sendo cruzados é multiplicado um pelo outro e que também os mapas de solos e geologia apresentavam, cada um, classes semelhantes, passíveis de serem agrupadas, utilizou-se o comando "RECLASS" para diminuir o mapa de solos, de 11 para 6 classes e o mapa de geologia, de 9 para 5 classes.

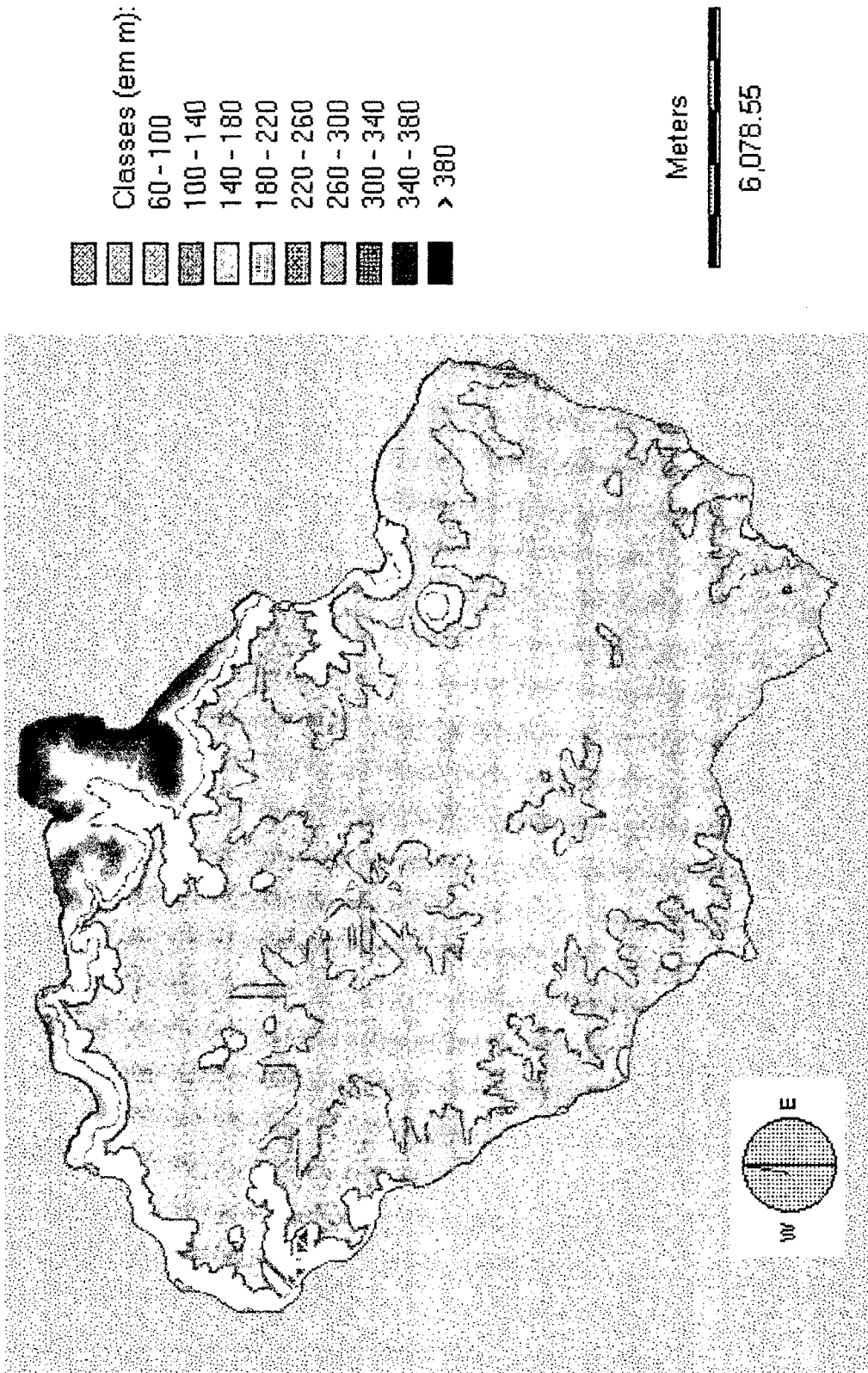
#### **c) CRUZAMENTO DOS MAPAS TEMÁTICOS**

Tal como já foi anteriormente referido, uma das principais possibilidades oferecidas por um SIG se refere ao cruzamento de informações espaciais (no presente caso, mapas temáticos).

Antes que se prossiga na descrição da metodologia, convém salientar uma característica importante do presente estudo : todas as variáveis envolvidas nos cruzamentos foram consideradas como tendo pesos iguais. Entende-se que, para alguns tipos de trabalho onde se busca a identificação de uma característica específica da paisagem (como, por exemplo, aptidão agrícola, riscos de



# MAPA DE HIPSONOMETRIA



Mapa 8 - Classes hipsométricas da área de estudo

deslizamentos, riscos de contaminação), é possível, e até desejável que os elementos sejam colocados em uma hierarquia de valores que corresponda à estimada contribuição de cada um para aquela característica estudada<sup>18</sup>. No entanto, quando o que se busca é a compreensão da dinâmica da paisagem, enquanto conjunto de elementos “solidários”, a adoção de uma estrutura de diferentes níveis com valores hierarquizados deformaria o modelo explicativo a ser criado.

O programa IDRISI permite realizar o cruzamento (figura 22) entre mapas

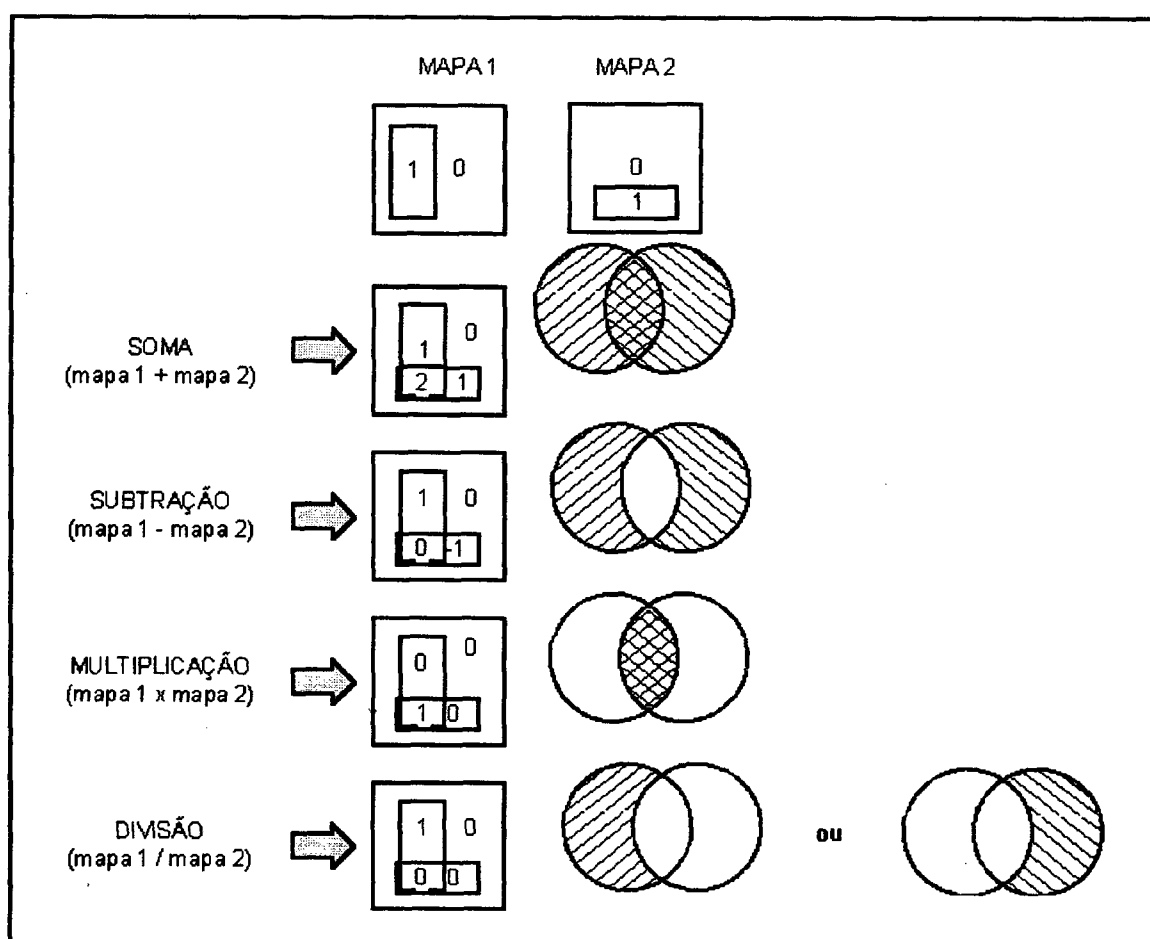


Figura 22 - Esquema das operações algébricas entre mapas possibilitadas pelo SIG

Fonte : inspirado em ROSA e BRITO (1996, p.61)

<sup>18</sup> Embora tal procedimento não determine, necessariamente, uma maior aproximação do modelo explicativo com a realidade, apenas o torna mais coerente. Afirmar, para um dado estudo, que as características do solo têm peso 2 e as características de relevo têm peso 3, não significa mais do que um poderoso artifício de abstração intelectual, capaz de maximizar a influência do relevo a uma vez e meia a influência do solo. Embora necessário em alguns casos, tal ato de subjetivismo não confere, necessariamente, um caráter de veracidade ao estudo, apenas concorre para tornar a sua explicação mais lógica.

temáticos de duas formas. Uma primeira forma é através do comando "OVERLAY". Este comando possibilita a execução de operações algébricas (soma, subtração, divisão e multiplicação) entre dois mapas distintos.

Para a finalidade da presente pesquisa, interessou apenas o produto da multiplicação dos mapas, ou seja, a identificação das áreas comuns a dois polígonos sobrepostos<sup>19</sup>. Neste caso, parte-se do princípio de que a simultaneidade espacial de duas ou mais variáveis é a responsável pelo desencadeamento dos processos naturais. O cruzamento tem, então, a finalidade de identificar e salientar esta simultaneidade.

Uma outra forma de realizar o cruzamento de dois mapas pelo IDRISI é através do comando "CROSSTAB". Neste caso, os resultados obtidos são idênticos aos da multiplicação realizada pelo "overlay", com a exceção de que as novas classes então criadas não assumem o valor da multiplicação das classes sobrepostas, mas, ao contrário, preservam estes valores na legenda<sup>20</sup>, tal como pode ser observado na figura 23.

Dada a maior facilidade de interpretação do produto final, optou-se pela utilização do comando "crosstab" ao invés do comando "overlay".

Dessa forma, a realização dos cruzamentos contou com um planejamento que incluiu cinco mapas temáticos<sup>21</sup> (Anexo 7) :

- mapa de geologia reclassificado (5 classes);
- mapa de solos reclassificado (6 classes);
- mapa de geomorfologia (8 classes);
- mapa de uso do solo (7 classes);
- mapa de declividades (5 classes).

<sup>19</sup> O programa IDRISI trabalha apenas com análises binárias. Assim, os mapas temáticos só podem ser cruzados de dois em dois, e o produto do cruzamento é gerado a partir da análise das áreas de sobreposição de um polígono com cada um dos seus vizinhos.

<sup>20</sup> A ordem em que os valores aparecem na legenda obedece à ordem de cruzamento dos mapas temáticos. Assim, uma legenda 3 : 2 / 7, significa que a classe 3 do cruzamento resulta da sobreposição da classe 2 do primeiro mapa com a classe 7 do segundo mapa.

<sup>21</sup> Uma análise mais completa da dinâmica da paisagem poderia incluir outros mapas temáticos, como um mapa detalhado de vegetação, um mapa geotécnico, um mapa de erosividade e erodibilidade e um mapa de insolação e exposição de vertentes. No entanto, como tais mapas não estavam disponíveis (não existem ou não foram encontrados), e a sua elaboração implicaria em tempo e conhecimentos superiores às possibilidades desta pesquisa, os mesmos não foram utilizados.

# CRUZAMENTO DE SOLOS E GEOLOGIA USANDO CROSSTAB

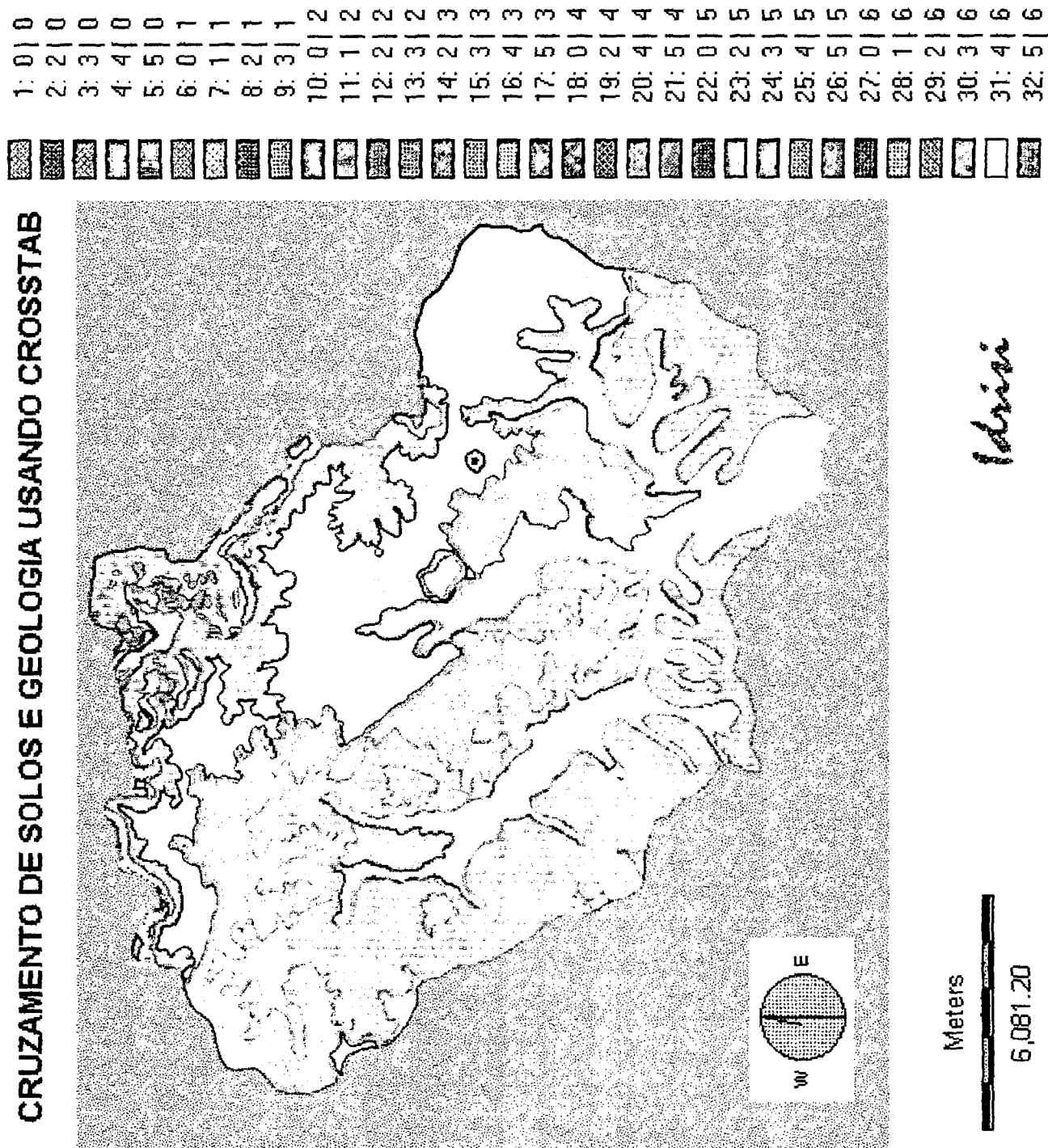


Figura 23 - Resultado da utilização do comando CROSSTAB

A ordem preestabelecida para a realização dos cruzamentos foi :

- cruzamento 1 → Solos x Geologia
- cruzamento 2 → Geomorfologia x cruzamento 1 reclassificado
- cruzamento 3 → Cruzamento 2 reclassificado x Declividades
- cruzamento 4 → Cruzamento 2 reclassificado x Uso do solo
- cruzamento 5 → Cruzamento 3 reclassificado x Uso do solo

### **Cruzamento 1 :**

A opção de iniciar os cruzamentos pelos mapas de solos e geologia não foi, por certo, aleatória. Os elementos do quadro físico constituem as variáveis de maior estabilidade no conjunto da paisagem. Daí a escolha de utilizá-los nos cruzamentos iniciais, a fim de que desses cruzamentos pudesse resultar uma configuração estrutural da área. É possível afirmar que os cruzamentos 1 e 2 concorreram para definir as “macrounidades” naturais, sobre as quais foi cruzado, posteriormente, o uso do solo, definindo as Unidades Ambientais finais.

O cruzamento dos mapas de solos e geologia resultou em um mapa de Unidades parciais, com 32 classes (Anexo 8). A partir deste resultado, foi necessária uma reclassificação, devido :

- à existência de dez classes originadas pela sobreposição do limite de um dos mapas temáticos (valor 0) com uma classe qualquer do outro mapa;
- à necessidade de redução do número de classes, para que o mapa pudesse ser utilizado em um cruzamento posterior;
- ao aparecimento de classes insignificantes, geradas por pequenas diferenças na geometria dos polígonos, quando da digitalização dos mapas temáticos;
- à necessidade de elevar o nível de generalização a fim de facilitar a análise.

Partiu-se, então, para uma reclassificação do cruzamento 1 (Anexo 9), cujo resultado correspondeu a um mapa com apenas 5 classes .

As principais características das cinco classes resultantes da reclassificação do cruzamento 1 (figura 24) são :

- na classe 1, a área da planície de inundação, comum aos dois mapas cruzados;
- na classe 2, a área correspondente à Formação Santa Maria, membro Passo das Tropas, de ambiente fluvial, sobre a qual se desenvolveu um solo podzólico vermelho-amarelo. Pela proximidade das características apresentadas, foram incluídos nesta classe também os Terraços Fluviais;
- na classe 3, a área correspondente à Formação Botucatu. Esta classe foi preservada do mapa de geologia, tanto pela particularidade do ambiente de formação, quanto pelo comportamento diferenciado frente ao processo erosivo;
- na classe 4, aparecem aquelas áreas formadas a partir da decomposição de rochas vulcânicas, possuindo, na maior parte, um solo de Terra Roxa Estruturada;
- finalmente, na classe 5, foi salientada a área de ocorrência da Formação Santa Maria, membro Alemoa, sobre a qual se desenvolveu predominantemente um solo podzólico Bruno-Acinzentado.

### **Cruzamento 2 :**

Como o programa não permite o cruzamento de mais de dois mapas ao mesmo tempo, optou-se pela utilização da variável geomorfologia no segundo cruzamento, já que a mesma representa o aspecto externo e mais visível deste “arranjo estrutural” formado pelo solo, relevo e geologia.

Assim, a reclassificação do cruzamento 1 foi cruzada com o mapa de geomorfologia, originando uma síntese parcial com 36 classes (Anexo 8). Pelos mesmos motivos colocados na descrição do cruzamento anterior, foi necessária a realização de uma reclassificação (Anexo 10), cujo produto foi um mapa com sete classes.

Face à prevalência das características topográficas ( que, de certo modo, já incorporam as principais características de solos e geologia), as classes 2 e 5 do cruzamento 1 foram unificadas e duas novas classes foram criadas para salientar o

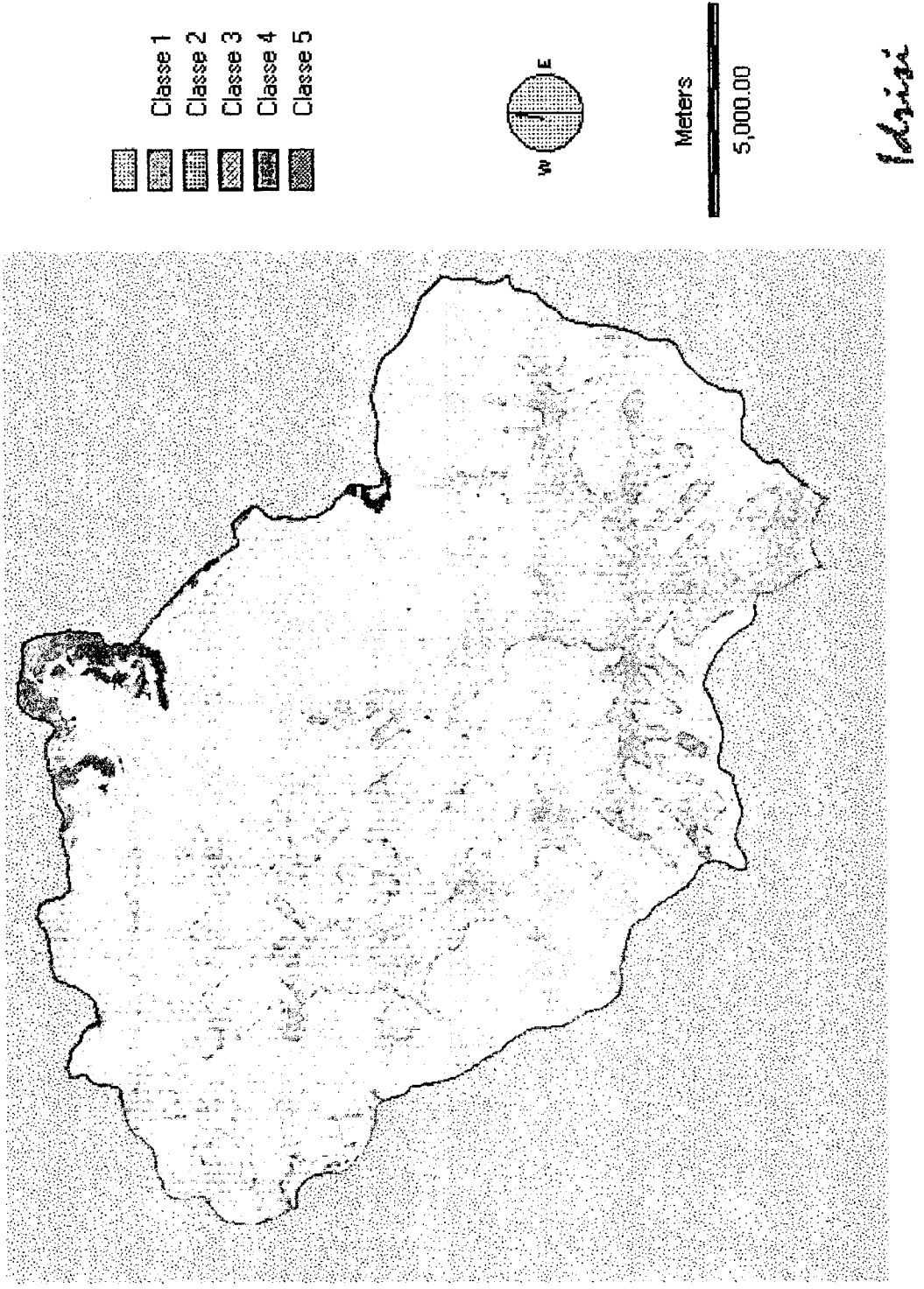


Figura 24 - Reclassificação do cruzamento de Geologia e Solos

papel dos morros - testemunho e do rebordo do Planalto na estruturação da paisagem (figura 25).

### **Cruzamento 3 :**

Embora a declividade já seja uma característica inerente a cada uma das formas de relevo, a identificação e o cruzamento das classes de declividade são importantes para dar indícios da intensidade de atuação dos agentes erosivos e para destacar as formas adequadas e inadequadas de uso do solo.

O produto da multiplicação do cruzamento 2 reclassificado com o mapa de declividades, originou um mapa com 47 classes iniciais (Anexo 8). Após uma reclassificação (Anexo 11), o mapa gerado resultou em 13 classes finais (figura 26). Mesmo assim, o mapa resultante mostrou-se de maior complexidade que os anteriores em função de duas importantes características : em primeiro lugar, a impossibilidade de promover um agrupamento das características de declividade, uma vez que o mapa-base de declividade já fora elaborado com base em um agrupamento das declividades em classes que visam a salientar os traços mais importantes da contribuição desta variável na estruturação da paisagem; em segundo lugar, a descontinuidade espacial promovida pelas classes de declividade, gerando um mapa final com algumas classes extremamente fragmentadas.

### **Cruzamento 4 :**

Pelo planejamento inicial estabelecido para o cruzamento dos mapas temáticos, esperava-se que o produto da multiplicação do cruzamento 3 reclassificado com o mapa de uso do solo pudesse apresentar os recortes gerais para a definição das Unidades Ambientais. Isso, no entanto, não ocorreu.

Como já foi salientado na descrição do cruzamento 3, o mapa gerado pelo cruzamento da declividade com o cruzamento 2 reclassificado mostrou-se de difícil interpretação, seja pelo elevado número de classes (13), seja pela grande descontinuidade de algumas delas.



*Idriss*

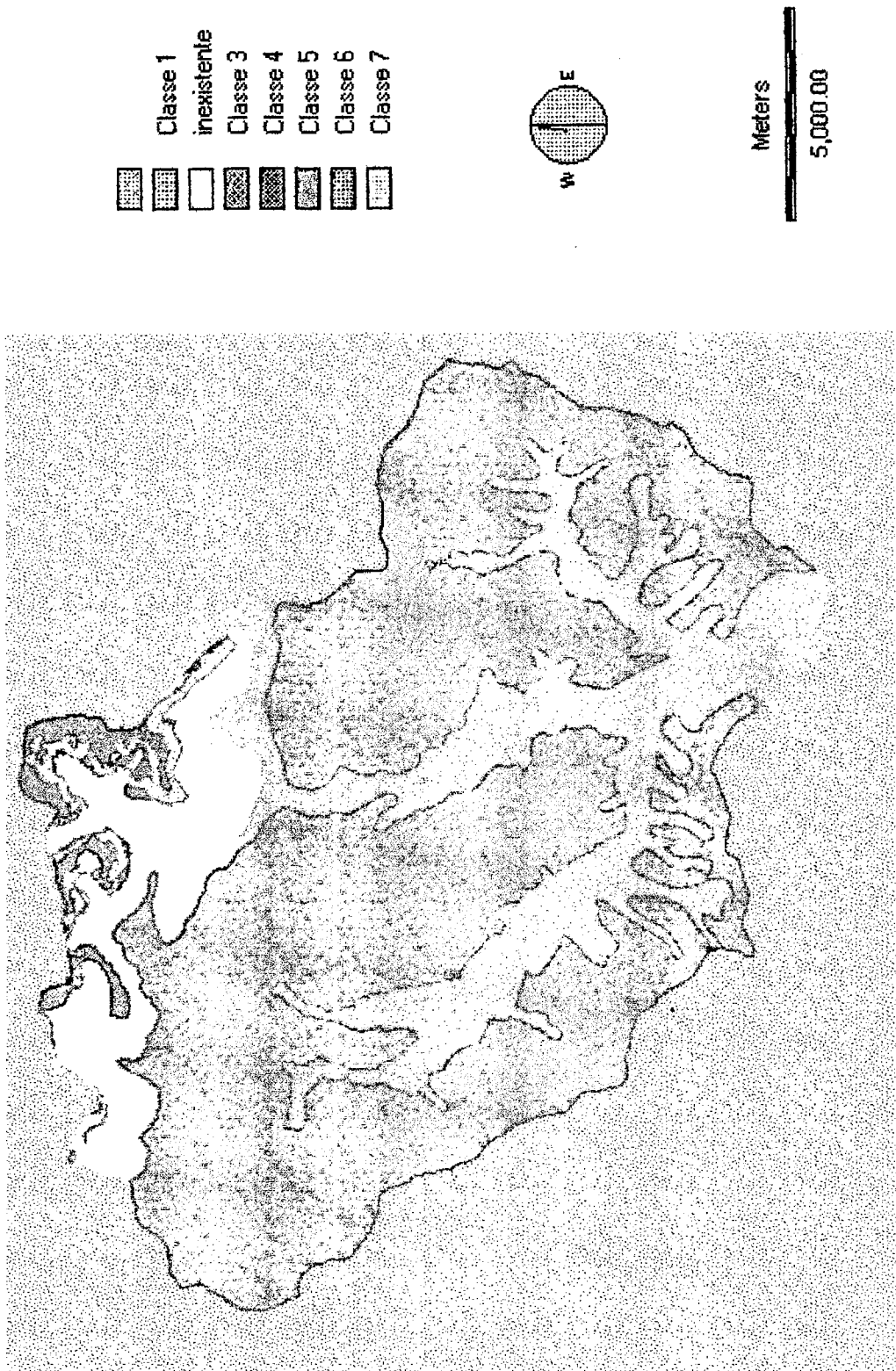


Figura 25 - Reclassificação do Cruzamento 1 X Geomorfologia

*Idrissi*



Figura 26 - Reclassificação do Cruzamento 2 X Declividades

Entendeu-se que a análise do cruzamento do referido mapa com o de uso do solo demandaria um esforço excessivo, até certo ponto desnecessário, já que a preponderância das feições topográficas no produto do cruzamento 2 reclassificado, de certa maneira, incorpora em linhas gerais o comportamento da declividade.

A opção por inserir o uso do solo no último cruzamento vem do fato de que a ação humana, na área de estudo, é uma das principais responsáveis pela organização da paisagem. Além disso, como afirma GONZÁLEZ (1991) :

A inter-relação natureza - economia - população em cada meio ambiente específico se define a partir da influência direta que exerce a atividade da sociedade (economia - população) em um território dado. (p.11)

Assim sendo, procedeu-se, para a elaboração do mapa final de Unidades Ambientais, o cruzamento do mapa resultante do cruzamento 2 reclassificado com o mapa de uso do solo, gerando um produto inicialmente com 47 classes (Anexo 8) que, após reclassificado (Anexo 12), finalizou em seis classes (figura 27) .

A título de experiência, o produto da multiplicação do cruzamento 3 reclassificado com o mapa de uso do solo foi considerado como cruzamento 5.

Entre as principais características do produto resultante da reclassificação do cruzamento 4, pode-se destacar :

- a preponderância da área urbana em relação às demais classes sobre as quais ela se sobrepunha. As transformações nos processos naturais geradas pelo assentamento de um núcleo urbano (aumento da velocidade do escoamento superficial, mudanças na topografia, diminuição da vegetação, aumento da temperatura, entre outros), nos leva a entender a "mancha urbana" como um subsistema à parte. De acordo com MONTEIRO (1995) :

Nas regiões onde a ação do homem já está impregnada na paisagem, ela além de interferir no jogo de relações entre as componentes naturais, pode assumir aquela condição de 'força condutora' dos processos, refletindo-se nas formas ou estrutura da mesma paisagem ou geossistema como se queira ver a unidade espacial. (p.65)

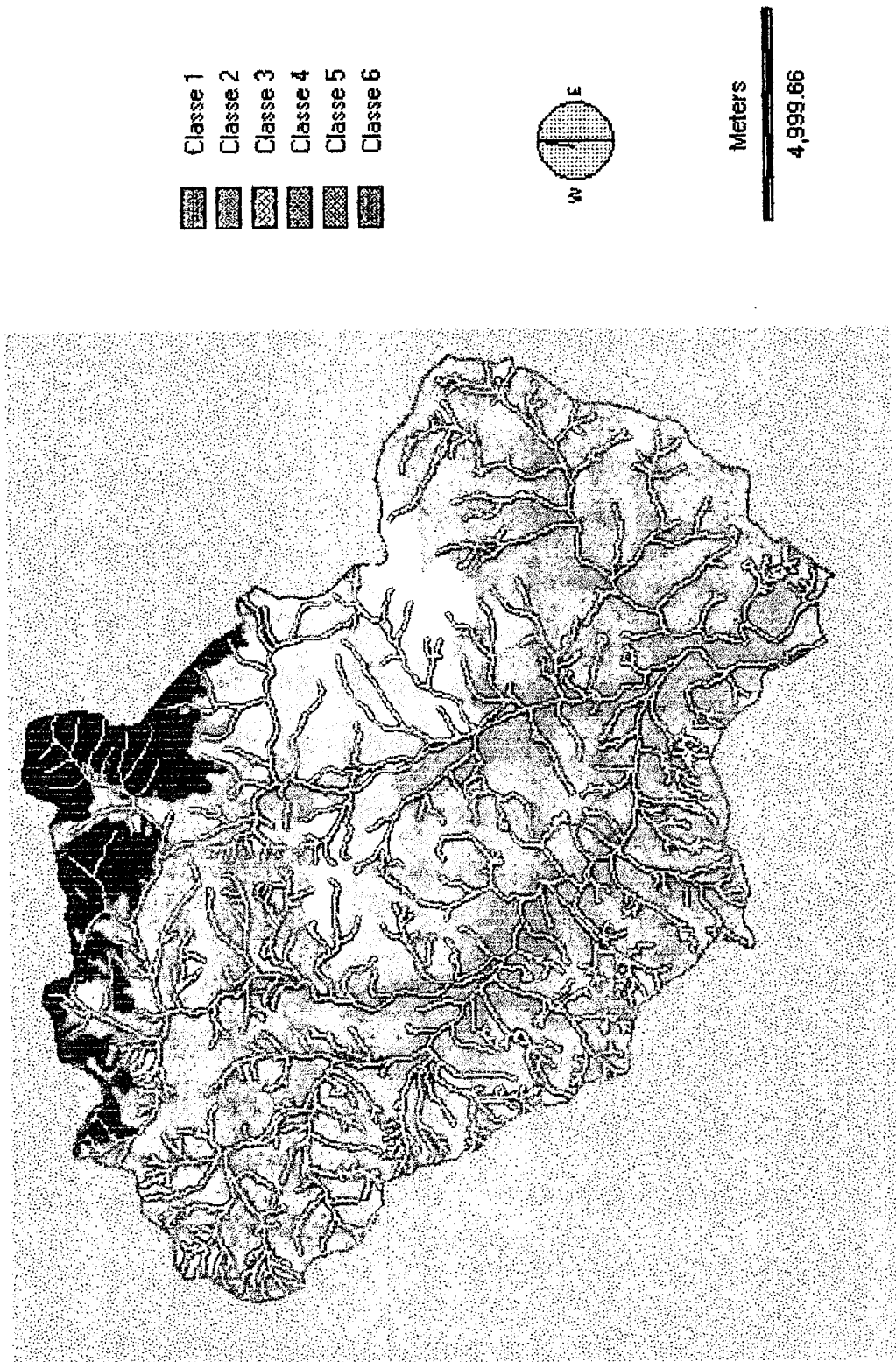


Figura 27 - Reclassificação do Cruzamento 2 X Uso do Solo

- manutenção dos morros - testemunho como uma unidade separada, face ao condicionamento à urbanização e ao isolamento de fauna e flora promovido por esta feição do relevo;

- unificação das duas classes anteriormente presentes na área dos patamares escarpados, visto apresentarem a mesma forma de uso do solo.

#### 4.2.3 - Saída do produto final

Até que se chegasse ao produto final, ou seja, na elaboração do Mapa de Unidades Ambientais, foi necessário fazer algumas outras modificações no produto da reclassificação do cruzamento 4.

A figura 27 apresenta, também, a rede hidrográfica que foi jogada sobre as unidades obtidas na reclassificação. A partir dela, pode-se observar a baixa densidade de drenagem da micro-bacia do arroio Passo das Tropas, em relação às dos arroios Cadena e Picadinho. Tal particularidade influi diretamente na umidade do solo e, conseqüentemente, orienta a forma de ocupação, característica de agricultura de terreno seco.

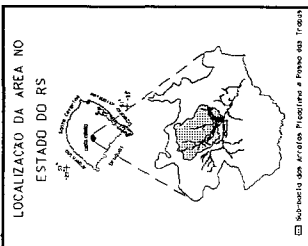
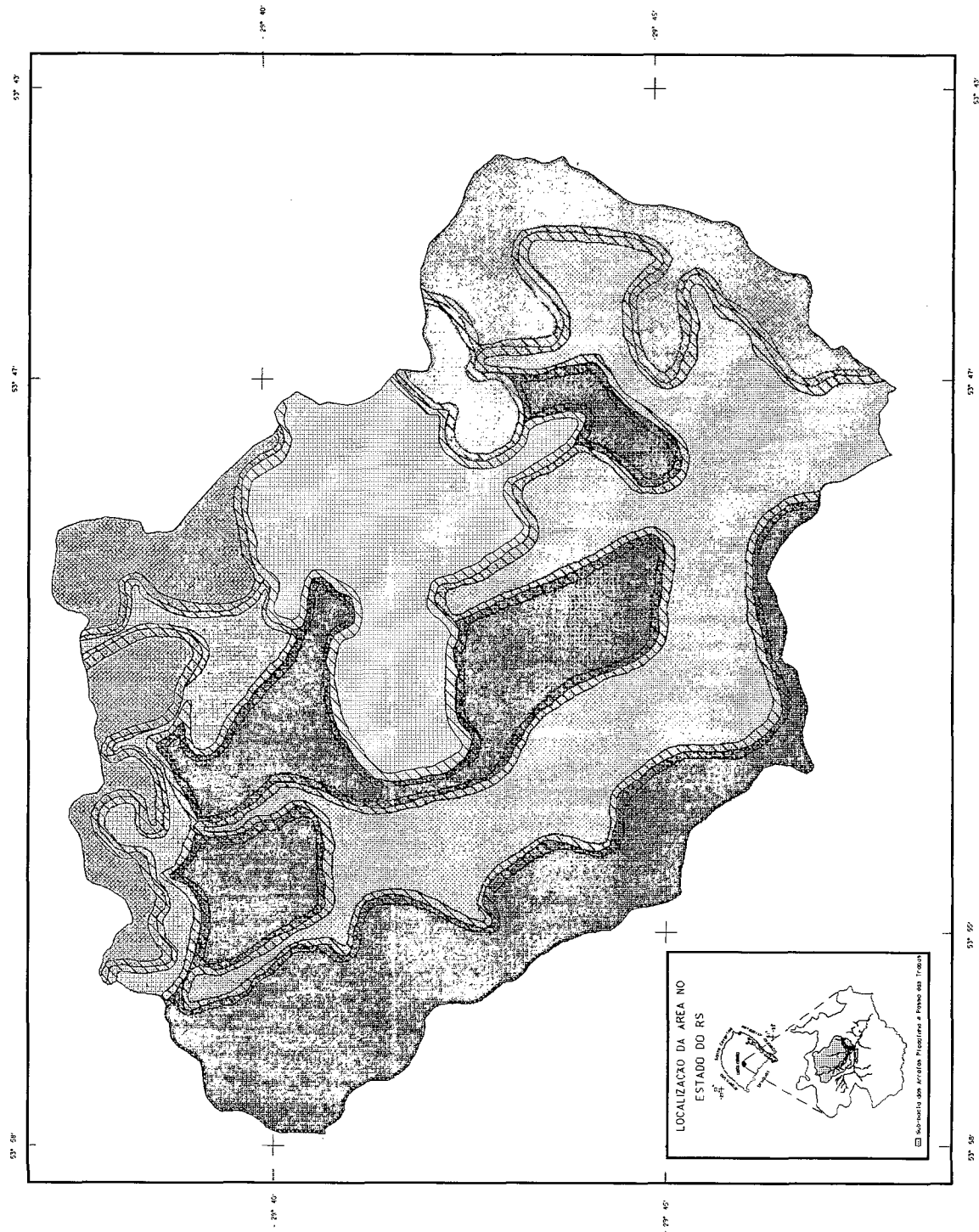
A identificação desta característica levou-nos a estabelecer, precisamente na micro-bacia do arroio Passo das Tropas, uma Unidade Ambiental à parte.

Duas outras modificações realizadas no produto do cruzamento 4 reclassificado dizem respeito à generalização de algumas feições de polígonos (a fim de eliminar algumas áreas de reentrâncias cujas características estão muito mais ligadas à classe vizinha) e à introdução de uma faixa de transição entre Unidades justapostas, seguindo o modelo proposto por MONTEIRO (1995) :

Na escala em que nos colocamos caberia mais 'sugerir' do que 'precisar'. Disso decorreu o fato de adotarmos o traçado de limites sugeridos por faixas de transição evitando a rigidez das linhas. (p.54)

Assim definido, o mapa final de Unidades Ambientais (mapa 9 e Anexos 13 e 14) ficou composto por sete classes (quadro 10).

Mapa 9 - Mapa final de Unidades Ambientais



UNIDADES AMBIENTAIS	
GEOSSISTEMA URBANO:	
	Unidade I: Geofácies Urbana Consolidada
	Unidade II: Geofácies Urbana de Morros - Testemunha
GEOSSISTEMA AGRÁRIO:	
	Unidade III: Geofácies Agrária das Áreas Aluviais
	Unidade IV: Geofácies Agrária das Áreas Bem Drenadas
	Unidade V: Geofácies Agrária das Áreas Mal Drenadas
	Unidade VI: Geofácies Agrária de Transição
	Unidade VII: Geofácies Agrária dos Patamares Escarpados

SIMBOLOGIA :  
----- Folha de transição entre as Unidades

# MAPA DE UNIDADES AMBIENTAIS

ARTICULAÇÃO DO MAPA  
EM FOLHAS 1:50.000

ARROIO DO SUI  
29° 40' 00" S  
53° 45' 00" W - 2385/4

ESCALA GRÁFICA  
0 1 2 3 4 KM  
PROFESSOR UNIVERSITÁRIO DE AGRICULTURA

Atualização e Edição : Adriano S. Figueira

<b>Unidades Ambientais</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
<b>Geofácies urbana consolidada</b>	37,08	14,45
<b>Geofácies urbana de morros-testemunho</b>	5,29	2,06
<b>Geofácies agrária das áreas aluviais</b>	74,39	29
<b>Geofácies agrária das áreas bem drenadas</b>	22,55	8,79
<b>Geofácies agrária das áreas mal drenadas</b>	83,40	32,51
<b>Geofácies agrária dos patamares escarpados</b>	22,70	8,86
<b>Geofácies agrária de transição</b>	11,12	4,33

**Quadro 10 - Área ocupada pelas Unidades Ambientais**

Uma característica que merece ser destacada deste mapa final é a de que a forma de uso e ocupação do solo na sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas serviu como referência principal para a delimitação das Unidades Ambientais. Assim sendo, foi possível agrupar as sete Unidades Ambientais em dois geossistemas: o geossistema urbano e o geossistema agrário<sup>22</sup>; este último, pela variação do quadro natural apresentada, permitiu a separação em cinco geofácies. Quanto ao primeiro (geossistema urbano), além da área urbana propriamente dita foi incorporada a ele apenas uma Geofácies<sup>23</sup>.

<sup>22</sup> O uso do termo "agrário" não pressupõe necessariamente, neste caso, uma utilização do espaço pela agricultura. Apenas utilizou-se o termo como sinônimo de "rural", contrastando com a estrutura e dinâmica do outro geossistema, denominado de "urbano".

<sup>23</sup> Pela contigüidade dos morros-testemunho com a área urbana, pela forma como vem se dando a sua ocupação, pela influência atmosférica direta sobre a circulação urbana, esta Unidade Ambiental, apesar de estar fisionomicamente mais ligada ao rebordo do Planalto, foi incorporada como uma Geofácies do geossistema urbano.

Todas as modificações descritas, que foram realizadas sobre o produto da reclassificação do cruzamento 4, não poderiam ser feitas dentro do IDRISI, face à dificuldade e às limitações que o programa apresenta para gerenciar dados vetoriais, além do que o programa também não permite a manipulação de polígonos separadamente, apenas do nível todo. Assim, por exemplo, não é possível alterar a cor de uma mancha isolada sem alterar juntamente a cor de todas as manchas que estejam no mesmo nível dela.

Tentou-se, então, uma vetorização do produto da reclassificação do cruzamento 4, através do comando "POLYVEC" para, posteriormente, exportar este resultado para o CAD, a fim de editá-lo. Tal alternativa não representou a solução final, já que a vetorização resultou em linhas "dentadas", mantendo o contorno dos pixels situados nas bordas dos polígonos. Assim, a única alternativa possível foi a plotagem deste arquivo e uma redigitalização posterior, gerando um novo mapa, agora com as modificações pretendidas.

### **Cruzamento 5 :**

Tal como já foi comentado anteriormente, o cruzamento 5 foi realizado mais como uma forma experimental, cruzando o produto da reclassificação do cruzamento 3 com o mapa de uso do solo.

Além de exigir uma análise mais complexa<sup>24</sup> (face à complexidade do primeiro mapa cruzado), o produto final da reclassificação não apresentou diferenças significativas em relação ao produto da reclassificação do cruzamento 4. Em função disso, optou-se por descartar este cruzamento, desconsiderando, para a área em questão, a variável declividade como discriminatória. A mesma foi utilizada apenas na análise da dinâmica da paisagem, descrita no capítulo V.

---

<sup>24</sup> O resultado da multiplicação destes dois mapas gerou um mapa com 98 classes iniciais.



## CAPÍTULO 5 - A DINÂMICA DA PAISAGEM

As progressivas alterações inseridas pelas sociedades humanas nas diferentes componentes naturais afetam cada vez mais a funcionalidade do sistema e, com frequência, induzem graves processos degenerativos ao ambiente natural, em um primeiro momento, e à própria sociedade em prazos mais longos. (ROSS, 1995, p.16)

A proposta de zoneamento ambiental apresentada neste trabalho tenta inserir a problemática da questão ambiental e o estudo da paisagem no contexto da análise sistêmica. Isto pressupõe, que a simples divisão da área em Unidades Ambientais não garante a explicação dos fenômenos por si mesma. Tal perspectiva (de simples divisão) não pode jamais prescindir da análise dos processos, reduzindo a centralidade explicativa das relações, estas sim, capazes de fornecer um diagnóstico mais preciso sobre o funcionamento do conjunto da paisagem. Assim, estrutura e funcionamento são duas categorias complementares e imprescindíveis à análise ambiental.

Segundo BUÉ (1987), "a maior parte das paisagens são o resultado de um equilíbrio entre o meio e o trabalho dos homens que promovem uma diversificação do espaço" (p. 142). Se o trabalho da sociedade, por um lado, "organiza" e diversifica o espaço, por outro, torna a análise integrada deste espaço muito mais complexa. Isto porque o homem<sup>1</sup> não representa um simples "perturbador" do clímax paisagístico, como querem alguns naturalistas; antes disso, o homem é um dos elementos (diferente dos demais, porque é instrumentalizado e racional) envolvidos no processo histórico no qual se insere a transformação da paisagem. O clímax é, antes de mais nada, um "antropoclímax", como propõe BUÉ (1987).

---

<sup>1</sup> Podem-se acrescentar, ainda, dois outros complicadores para análise do papel do homem na paisagem : em primeiro lugar, como afirma GONÇALVES (1996), é preciso reconhecer que os homens não se relacionam entre si e com a natureza de uma forma direta, já que "(...) o homem é um animal simbólico e, nesse sentido, suas relações (...) são mediadas pelos significados que criam e que comandam as suas práticas" (p.12). Em segundo lugar, como nos lembra MAYA (1987) todas as relações que o homem mantém com a natureza são de caráter social e, portanto, referenciadas a um determinado tempo, a um determinado espaço e a uma determinada cultura.

Fornecer uma interpretação do comportamento da paisagem, ainda que superficial, representa buscar, entre infinitas possibilidades, aquelas características mais determinantes geradas em decorrência dos principais fluxos de matéria e energia. Ainda assim não é possível, diante da imensa deficiência instrumental que se impõe, fornecer mais do que algumas “indicações gerais de funcionamento”, na expectativa de que as mesmas possam, ao menos, servir de ponto de partida para trabalhos posteriores de maior fôlego.

A fim de sistematizar melhor os processos<sup>2</sup> atuantes, optou-se por desenvolver uma análise em separado de cada um dos geossistemas identificados.

### 5.1 - A dinâmica do Geossistema Agrário

O geossistema agrário ocupa a maior parte da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas, perfazendo um total de 214,16 Km<sup>2</sup>, o que representa 83,49 % da área total. Nesta área vive uma população de menos de 10.000 habitantes<sup>3</sup>, cuja maior atividade econômica, em área ocupada, é a pecuária extensiva, tal como pode ser comprovado pela análise da área ocupada pelos campos expressa no quadro 11. Uma observação, no entanto, deve ser feita quanto à natureza dos dados levantados. Os dados de uso do solo para os anos de 1964, 1975 e 1986/7 foram fornecidos por BRUCKER (1989), a partir de fotointerpretação (nos anos de 1964 e 1975) e interpretação visual de imagem de satélite (no ano de 1986/87, apoiada em fotos aéreas de 1980, na escala de 1:15000). Dessa forma, é possível que a precisão dos

---

<sup>2</sup> No presente caso os *processos* são entendidos, de acordo com CHRISTOFOLETTI (1981), como sendo aqueles que, “ (...) no transcorrer do tempo, redundam em modificações e transformações nas características geométricas e no arranjo dos elementos componentes do geossistema, alterando a paisagem da área ou lugar” (p.08).

<sup>3</sup> Calcula-se, para todo o município de Santa Maria, uma população rural de 12.725 habitantes, sendo que este dado pode apresentar um acréscimo de até 15%, já que foi calculado com base nos dados fornecidos pelo IBGE (1996) subtraindo-se a população rural dos municípios de Dilermando de Aguiar, São Martinho e Itaara, emancipados de Santa Maria, respectivamente em 1995, 1992 e 1993. Apesar disso, é muito provável que tenha ocorrido uma redução absoluta da população rural do município (em 1980, contabilizava 27.066 pessoas no campo) nestes últimos 15 anos. Só para se ter uma idéia, o IBGE (1986) calculou, para o período 1970 - 1980, uma redução de 21% da população rural para a Micro-região de Santa Maria, além de uma redução de 10,8% do pessoal ocupado no setor agrário.

Uso do solo	19 64		19 75		19 86/7		19 95	
	área (ha)	%	área (ha)	%	área (ha)	%	área (ha)	%
<b>Campos</b>	18197,50	70,46	18934,70	73,31	18707,07	72,43	17597,90	68,60
<b>Área urbana (construções)</b>	1405,64	5,44	1657,12	6,42	2313,72	8,96	3089,10	12,04
<b>Vegetação arbórea nativa</b>	2631,50	10,19	2137,00	8,27	1723,00	6,67	2650,20	10,33
<b>Reflorestamento</b>	672,00	2,60	569,50	2,21	561,50	2,17	647,60	2,53
<b>Culturas de terreno seco</b>	2099,00	8,13	1625,50	6,29	1672,50	6,48	1065,00	4,15
<b>Culturas irrigadas</b>	524,00	2,03	601,50	2,33	488,00	1,89	352,40	1,37
<b>água</b>	297,17	1,15	303,71	1,17	360,71	1,40	250,80	0,98
<b>Total</b>	25826,50	100,00	25826,50	100,00	25826,50	100,00	25653,00	100,00

Quadro 11 - Evolução das classes de uso do solo entre 1964 e 1995

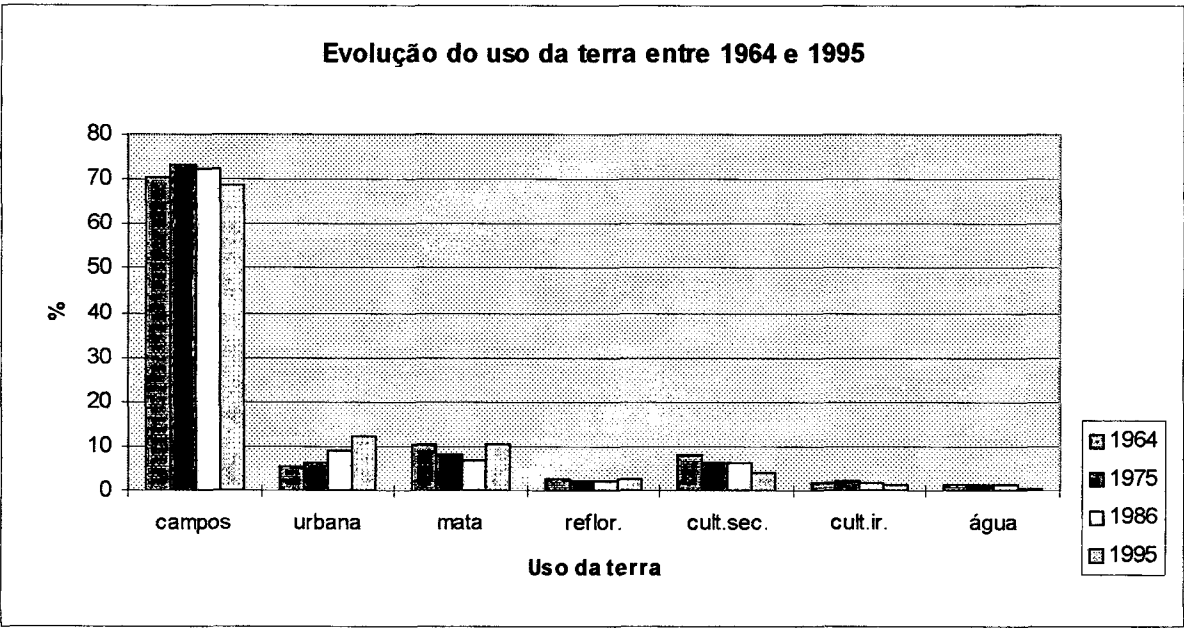
Fonte para os dados de 1964, 1975 e 1986/7 : BRUCKER (1989)

referidos dados seja melhor do que a dos dados de 1995, levantados para este trabalho e apoiados exclusivamente sobre a interpretação visual da imagem. Além de dispormos de um tempo menor para a realização desta tarefa, o instrumento utilizado (imagem) apresentou uma série de limitações, como já foi referido no capítulo 4.

Além do mais, é importante salientar que as técnicas de medição de área diferem substancialmente entre os dois trabalhos. Enquanto o presente trabalho baseou-se em cálculo automático das áreas feito pelo SIG, BRUCKER (1989) utilizou-se do método do papel milimetrado e do método das coordenadas para a definição da área ocupada por cada uma das classes de uso do solo.

Como consequência destas diferenças instrumentais e metodológicas, a análise fica restrita a alguns aspectos gerais quanto ao direcionamento do processo de ocupação do solo na área em estudo.

Apesar disso, algumas considerações podem ser feitas quanto à evolução do uso da terra, com base na análise do gráfico 3.



**Gráfico 3 - Comparação do uso do solo na sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas entre os anos de 1964 a 1995**

Fonte para os dados de 1964, 1975 e 1986 : BRUCKER (1989)

A análise do gráfico 3 nos permite depreender, ao menos, quatro características principais :

**NA ÁREA URBANA<sup>4</sup>** : É possível perceber-se, pela análise, uma progressiva expansão da área urbana que passa de 1405 ha, em 1964, para 3089 ha, em 1995. Este índice perfaz, em média, um crescimento de 54,30 ha ao ano. Especialmente naquele setor da Geofácies Agrária das Áreas Mal Drenadas, compreendido entre a Geofácies Urbana Consolidada, a Geofácies Urbana de Morros-testemunho e a Geofácies Agrária das Áreas Aluviais, é notória a transformação do aspecto agrário em direção à incorporação ao Geossistema Urbano. Esta área isolada poderia, até mesmo, ter sido definida como uma Unidade Ambiental à parte, face ao amálgama de características promovido pelos processos em andamento.

Infelizmente, a questão é muito mais complexa do que o simples “espalhamento” de uma mancha urbana sobre áreas de campo. No bojo deste processo reside, especialmente, uma crescente faixa de população oriunda do modelo de exclusão social promovido pelo sistema capitalista. Esta população, desprovida da maior parte das “benesses” urbanas e sem condições de se inserir no processo “legal” de expansão sobre as áreas “nobres” de campo (altamente valorizadas pelo monopólio das terras da periferia exercido pela igreja, exército, aeronáutica e Universidade), acaba ocupando ilegalmente as áreas mais impróprias do sítio urbano.

Este poderia ser um retrato padrão das cidades brasileiras de porte médio e grande, se não fosse, no caso de Santa Maria, acelerado por componentes da conjuntura econômica, tais como uma ausência quase absoluta do processo industrial, diminuição significativa da oferta de empregos a cada ano e redução do capital circulante como decorrência da perda do poder aquisitivo dos funcionários públicos e crise do setor Primário da economia.

**NA VEGETAÇÃO** : O comportamento da vegetação arbórea nativa, para 1995, não pode ser comparado com os anos anteriores face às dificuldades já descritas, que houve para delimitar tal classe nas áreas de morro. Muito provavelmente, de acordo com a análise desenvolvida por BRUCKER (1989) e CASTILLERO (1984), a vegetação arbórea (neste caso, incluindo apenas o estrato florestal) deveria ocupar, em 1995, uma área estimada em aproximadamente 1400 ha (considerando uma taxa

---

<sup>4</sup> Uma maior discussão dos processos do geossistema urbano será feita no item 5.2.

de desmatamento de 18% ao ano) o que representa algo em torno dos 5,5% do total da sub-bacia. Mesmo assim, os números servem, ao menos, para ressaltar a baixa cobertura florestal da área.

Uma análise mais detalhada sobre a situação das matas-galeria apresenta um quadro ainda mais estarrecedor. Segundo FARIAS e LIMA (1991), a Lei nº 4771 (Código Florestal), de 15 de setembro de 1965, institui, no seu artigo 2º, como áreas de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas :

- ao longo dos rios ou qualquer curso d'água, numa largura mínima de 50 metros para os rios que tiverem de 10 a 50 metros de largura<sup>5</sup>;

- "nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados 'olhos d'água', qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura"<sup>6</sup> (p.41).

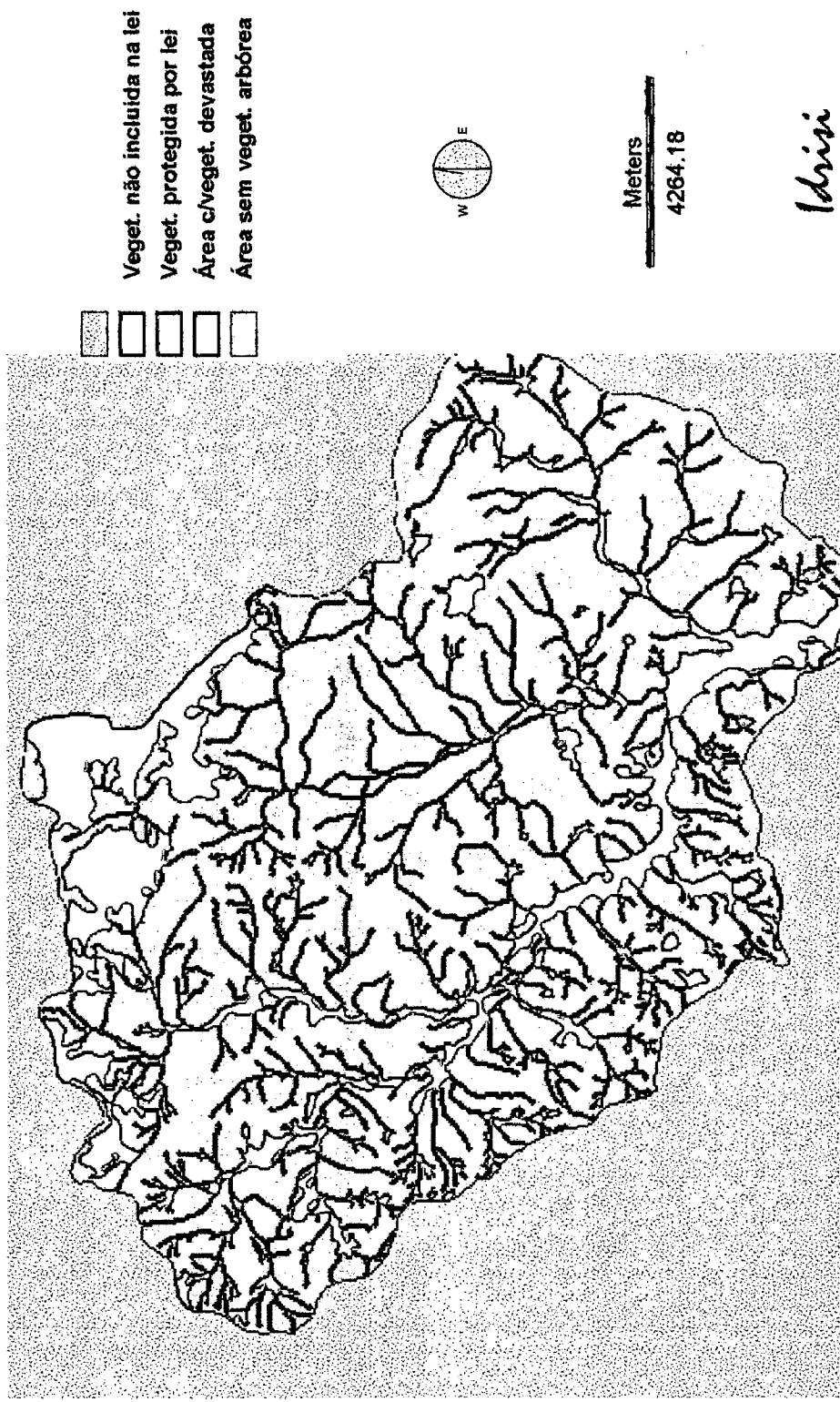
Partindo-se do princípio de que os cursos d'água da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas possuíam, originalmente, uma mata ciliar cujo resquício permanece até os dias atuais, partiu-se para a representação de tal mata no sentido de demonstrar, espacialmente, o cumprimento e/ou o descumprimento do artigo 2º da Lei.

O produto resultante (mapa 10) originou-se do cruzamento de dois mapas anteriores : um mapa criado a partir do mapa de uso do solo, em que foram retiradas as demais classes e mantida exclusivamente a classe de vegetação arbórea; e um segundo mapa, resultante da aplicação do comando "DISTANCE" sobre a rede

---

<sup>5</sup> Caso em que se encontram os cursos d'água da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas.

<sup>6</sup> Este item foi alterado pela Lei nº 7803, de 18/07/89 que estabelece, a partir de então, a preservação de um paralelogramo florestal ao redor das nascentes sem, no entanto, estipular uma área mínima. Em função disso, para efeito do objetivo de mapeamento a que nos propusemos, acabamos desconsiderando tal alteração e mantendo a área de preservação como sendo circular, com raio mínimo de 50 m.



Mapa 10 - Mapa de Legislação Ambiental

hidrográfica e as nascentes<sup>7</sup>. O cruzamento destes dois mapas permitiu a identificação de quatro classes :

- áreas com vegetação arbórea não incluída no artigo 2º da Lei<sup>8</sup>; aparecem aqui aquelas áreas com vegetação arbórea, porém situadas a mais de 50 metros dos cursos d'água;

- áreas com vegetação protegida pelo artigo 2º da Lei. Neste caso, aparecem as áreas com vegetação arbórea situadas em até 50 metros dos cursos d'água;

- áreas com vegetação devastada. Esta classe representa uma tentativa de estimar uma quantidade mínima de vegetação arbórea de matas-galeria e nascentes que pode ter sido retirada da sub-bacia<sup>9</sup>;

- áreas sem vegetação arbórea, representando as áreas originalmente de campos e/ou as de vegetação arbórea já devastada que excede à faixa dos 50 metros.

Assim procedendo, obteve-se a área ocupada por cada uma das classes (quadro 12).

<b>Classe</b>	<b>área (ha)</b>
<b>Veget. não incluída no art. 2º da Lei 4771/65</b>	1.667,19
<b>Veget. protegida pelo art. 2º da Lei 4771/65</b>	983,01
<b>Área c/ matas-galeria e nascentes devastadas</b>	4.869,59
<b>Área sem vegetação arbórea</b>	18.133,21

**Quadro 12 - Área ocupada pelas classes do mapa de legislação ambiental**

<sup>7</sup> O comando DISTANCE pertence a um dos principais grupos de operações analíticas propiciadas pelo SIG, os "Operadores de Distância". Este comando , já utilizado em alguns trabalhos de análise ambiental, como o desenvolvido por FERREIRA (1996), permite a delimitação de um "buffer" (algo como uma "faixa periférica") com a largura desejada, ao redor de um ponto, linha ou polígono. Para o presente caso, dispunha-se de dois mapas iniciais : um mapa de linhas, representando a hidrografia e sobre o qual foi delimitada uma faixa de 50 metros, e um mapa de pontos, digitalizados a partir da carta topográfica, indicando as nascentes e sobre as quais também se delimitou uma área circular de 50 metros de raio. O cruzamento destes dois mapas originou um mapa parcial, com as áreas a serem protegidas.

<sup>8</sup> A fim de não aumentar a complexidade da análise, optou-se por utilizar apenas os itens da Lei referentes às matas-galeria e às nascentes.

<sup>9</sup> Dois fatores aparecem, neste caso, como complicadores da análise em relação aos objetivos inicialmente pretendidos. Em primeiro lugar, a inexistência de arquivos históricos não permite estimar com precisão qual a largura original da mata ao longos dos cursos d'água. O uso de uma faixa de 50 metros representa apenas uma pálida tentativa de estabelecer uma referência mínima já que, como pode ser comprovado, nas áreas em que a mata está mais preservada, a largura mínima excedia, em muito, os 50 metros, especialmente nas áreas de planície. Em segundo lugar, grande parte da vegetação foi retirada antes mesmo de que houvesse uma lei para protegê-la. Assim, resguardando-se o contexto histórico, não se pode atribuir a esta classe uma denominação do tipo "retirada ilegal".



É importante lembrar que a classe 3 compreende, também, a área ocupada pelos cursos d'água propriamente ditos. Dessa forma, foi necessário produzir um novo mapa (mapa 11) onde foi subtraída<sup>10</sup> a área dos cursos d'água e foram eliminadas as classes 1 e 2, mantendo apenas a classe referente à mata-galeria e nascentes atualmente devastada.

Calculada, assim, a área mínima de devastação da vegetação de mata-galeria e nascentes da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas, chegou-se a um número de 2.389,09 ha. Se pudesse ser estabelecida uma média para este processo, considerando a idade do município (198 anos), chegar-se-ia a um ritmo de pouco mais de 12 ha de desmatamento ao ano ( se considerarmos que anteriormente à fundação de Santa Maria o desmatamento era irrelevante). No entanto, bem sabemos que as médias por vezes mascaram processos que nem sempre são tão lineares. O desmatamento da mata-galeria ocorreu, por certo, em ritmos, períodos e, até mesmo, espaços diferenciados, já que se observa pelo mapa 11 uma desigualdade entre diferentes pontos da bacia.

As áreas de maior retirada de vegetação correspondem, seguramente, à microbacia do arroio Cadena, ao longo de toda a sua extensão (principalmente porque o mesmo atravessa a área urbana, além do que, ao longo do seu curso podem ser identificados alguns pontos de extração de areia)<sup>11</sup>, e aos afluentes do arroio Picadinho, especialmente os da margem direita (onde a densidade de drenagem é ainda maior) e no arroio Taquara.

FARIAS et al (1994) ao estudarem a estrutura fitossociológica da vegetação remanescente desta Floresta Estacional Decidual<sup>12</sup>, em uma área delimitada no município de Santa Maria, concluíram que 23 espécies típicas desta região não

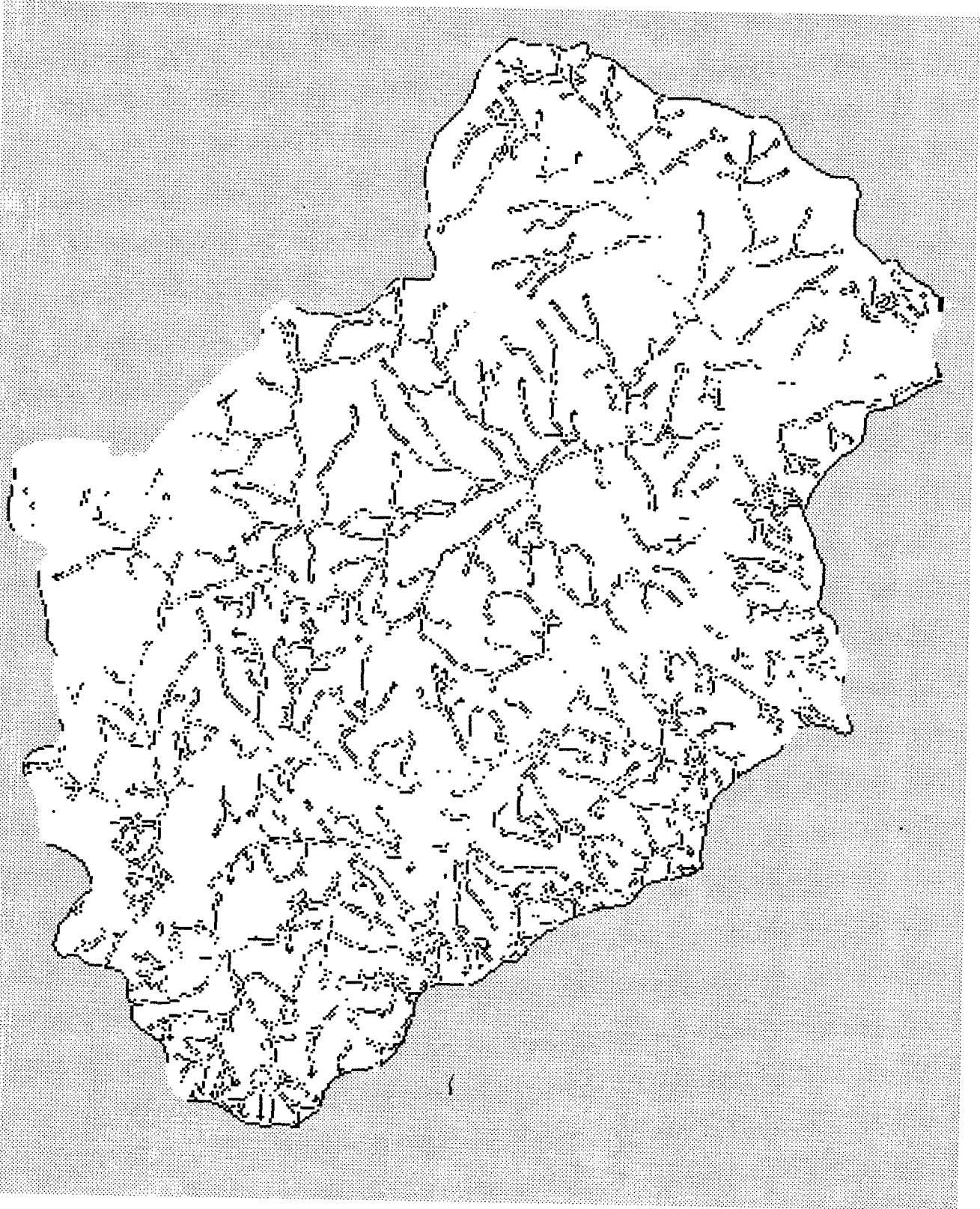
---

<sup>10</sup> A operação foi feita com o comando OVERLAY, subtraindo-se, do mapa de legislação ambiental, o mapa que continha apenas os cursos d'água..

<sup>11</sup> De acordo com os registros da Prefeitura Municipal de Santa Maria, existem, ao longo da várzea do arroio Arenal (do qual o Cadena é afluente), 14 pontos de extração de areia, cada um, segundo PINTO (1995), retirando sedimentos de uma profundidade que varia entre 6 a 8 metros, em média. Torna-se quase desnecessário dizer que a preservação da mata-galeria, nestes casos, é incompatível com tal atividade.

<sup>12</sup> Para KLEIN (apud IBGE, 1990) esta vegetação, que apresenta queda foliar durante uma parte do ano, representa um "prolongamento empobrecido da floresta da bacia do Paraná" (p.128).

*Idrissi*



**Mapa 11 - Desmatamento de nascentes e matas-galeria**

possuem representantes na regeneração natural, “(...) o que leva a concluir que a sucessão será severamente alterada na sua composição” (p.127).

Uma excelente forma para vislumbrar algumas das características desta vegetação remanescente é através da metodologia de pirâmides de vegetação, introduzida por PASSOS e UGIDOS (1996) a partir da proposta de BERTRAND (1966)<sup>13</sup>.

A fim de testar a aplicabilidade desta metodologia, buscando uma melhor compreensão dos processos que envolvem a Formação vegetal da área de estudo, duas áreas foram selecionadas para o estudo de campo.

Visando a abranger duas áreas distintas, classificadas pelo IBGE (1986) como Floresta Aluvial e Floresta Submontana<sup>14</sup>, foram selecionadas uma área florestal na Geofácies Agrária de Transição, localizada no distrito da Caturrita (foto 1)

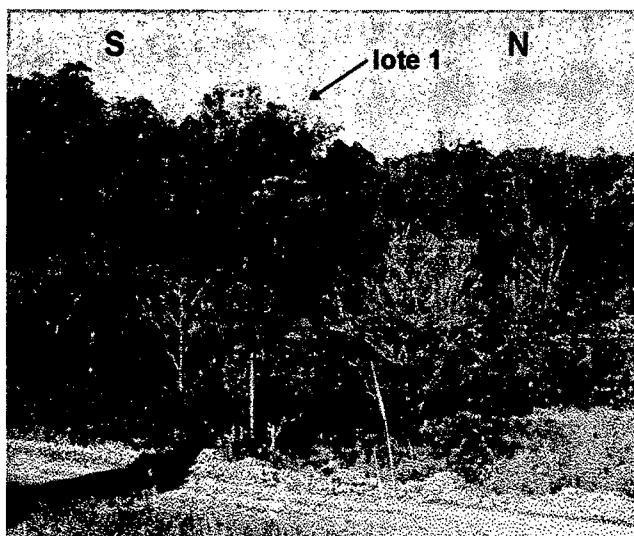


Foto 1 - Visão parcial da área de Floresta Submontana selecionada para a elaboração da pirâmide de vegetação

<sup>13</sup> Os estudos geográficos de vegetação, no período atual, têm se desenvolvido a partir de duas linhas metodológicas distintas, quais sejam, os levantamentos florísticos e os levantamentos fisionômicos (ou não-florísticos). Enquanto os primeiros preocupam-se em efetuar um extenso levantamento fitossociológico, buscando uma grande aproximação com as características intrínsecas às espécies vegetais constituintes de determinada porção do espaço, o segundo método visa a fazer um levantamento das características da vegetação no seu conjunto, enquanto Formação Vegetal, buscando identificar as possíveis relações que se estabelecem entre esta vegetação e os demais elementos do quadro geográfico. É nesta perspectiva que se insere a proposta de elaboração das pirâmides de vegetação.

<sup>14</sup> Enquanto a Floresta Aluvial corresponde a mata-galeria propriamente dita, a Floresta Submontana corresponde às áreas florestais que recobrem a vertente sul da Serra Geral, até a cota dos 400 metros.

e uma área próxima à confluência do arroio Lenhador com o arroio Picadinho, situada na Geofácies Agrária das Áreas Aluviais (foto2).



Foto 2 - Visão parcial da área de Floresta Aluvial selecionada para a elaboração da pirâmide de vegetação

Com base na metodologia apresentada por PASSOS e UGIDOS (1996)<sup>15</sup> foram traçadas as pirâmides de vegetação para os dois lotes analisados (figuras 28 e 29)<sup>16</sup>. As fichas biogeográficas preenchidas por ocasião do levantamento dos dados em campo aparecem nos anexos 16 e 17.

A comparação entre as duas pirâmides permite identificar algumas características importantes da dinâmica da vegetação na sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas. Uma das principais características é de que a vegetação do lote 2 possui um equilíbrio maior do que a vegetação do lote 1. Entre os indicadores que apontam para esta conclusão tem-se :

- a presença, no lote 1, de espécies características de áreas de regeneração, como o Fumo-bravo (*Solanum erianthum*), indicando a presença do processo de

<sup>15</sup> A fim de não interromper a sequência do texto, a metodologia de elaboração das pirâmides de vegetação, tal como proposta por PASSOS e UGIDOS (1996), aparece descrita no Anexo 15.

desmatamento em período anterior. Esta situação é característica de áreas de cultivo abandonadas;

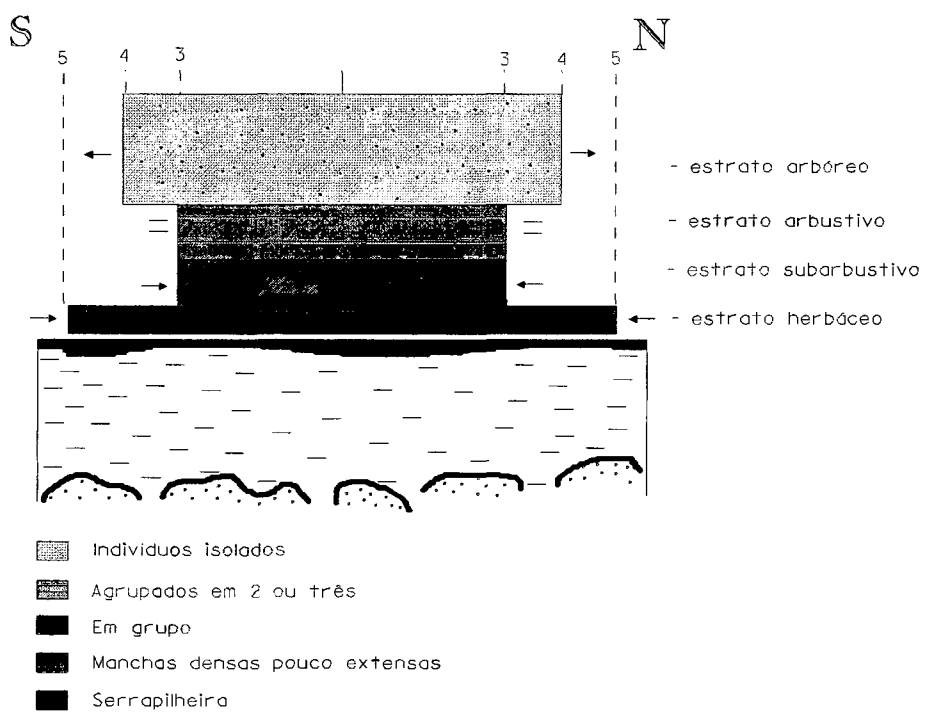


Figura 28 - Pirâmide de vegetação de um lote selecionado da Floresta Decidual Submontana

<sup>16</sup> Apesar de as figuras 28 e 29 não apresentarem as medidas descritas na metodologia, face à necessidade de ajustá-las ao texto, elas mantêm a proporcionalidade entre os estratos, não apresentando deformações que poderiam comprometer a sua interpretação.

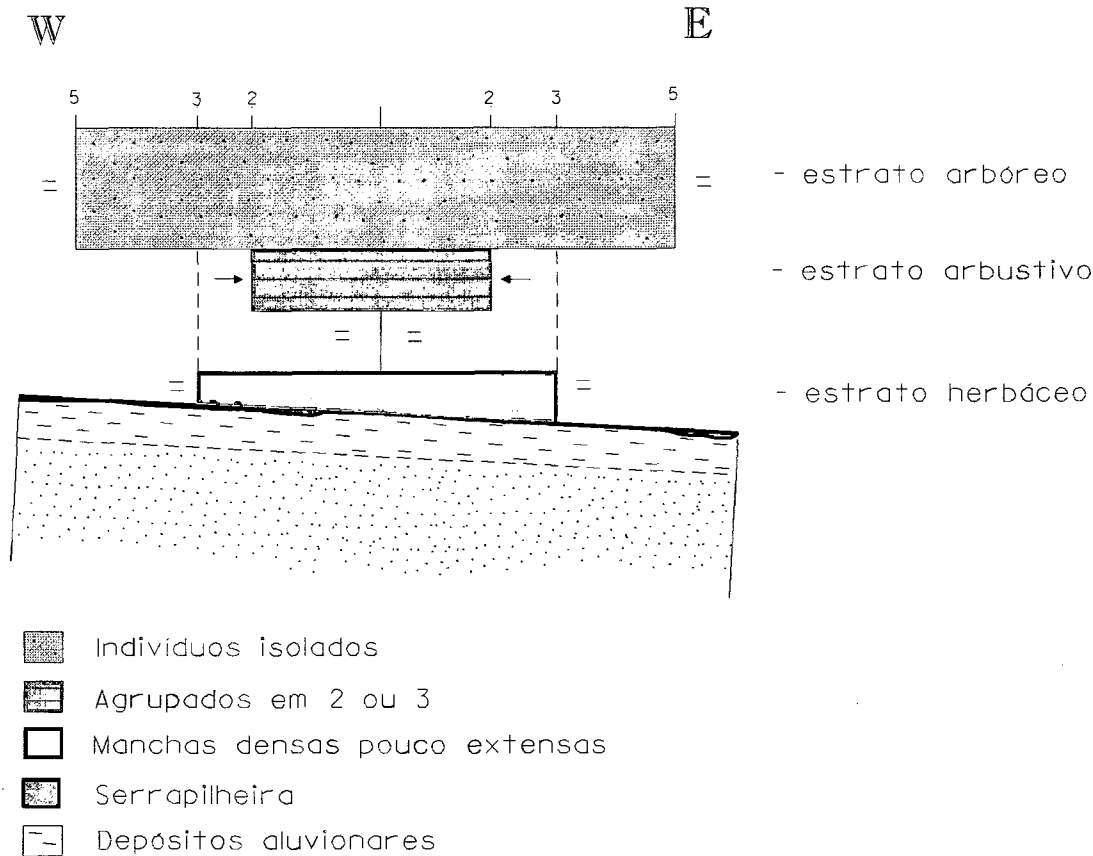


Figura 29 - Pirâmide de vegetação de um lote selecionado da Floresta Decidual Aluvial

- a presença, no lote 1, de um estrato arbustivo e subarbustivo consideráveis e de um estrato herbáceo com alta cobertura de solo (denotando o baixo sombreamento no interior do lote); tal situação reforça a idéia de um estrato arbóreo debilitado, apresentando dificuldades para fazer frente à concorrência dos estratos arbustivo e herbáceo;

- maior cobertura do estrato arbóreo no lote 2;
- ausência do estrato subarbustivo no lote 2;
- no lote 2, o estrato arbustivo, além de ser mais modesto do que o do lote 1, apresenta dinâmica regressiva, o que pressupõe um aumento da área de sombreamento representado pelo avanço do estrato arbóreo.

Além disso, a dinâmica de equilíbrio identificada nos estratos arbóreo e herbáceo do lote 2 também indicam uma tendência de manutenção da estrutura atual, o que

sugere uma adoção da mesma como característica geral das áreas de mata-galeria da sub-bacia.

Já para o lote 1, pode-se dizer que o mesmo reflete, em linhas gerais, o aspecto da maior parte das coberturas florestais remanescentes situadas em baixa declividade. Após terem passado por sucessivas fases de desmatamento (obedecendo às flutuações das áreas de cultivo ou como fornecedoras de madeira), estas áreas apresentam, atualmente, uma grande degradação das características originais. Nas áreas de maior altitude e declividade, estas características originais apresentam-se um pouco menos degeneradas, onde percebe-se uma redução significativa dos estratos arbustivo e subarbustivo, além de um aumento na altura média do estrato arbóreo. Mesmo assim, a dinâmica regressiva dos estratos herbáceo e subarbustivo e a dinâmica progressiva do estrato arbóreo, identificadas no lote 1, denotam uma evolução em direção a um processo de regeneração, principalmente, porque grande parte dos indivíduos presentes no estrato arbustivo são, na verdade, representantes de espécies do estrato arbóreo.

Quanto ao aspecto da erosão, foi possível identificar alguns indícios desse processo apenas no lote 2, devido, principalmente, à declividade do terreno. A presença de indivíduos da espécie *Bambusa trinii* (Taquaruçu), no entanto, atuam como obstáculos à intensificação do processo erosivo. Com as viagens a campo, notou-se que este fato é bastante comum nas áreas de planície. Já no lote 1, apesar da presença de uma camada superficial do solo mais arenosa, a baixa declividade e a existência de uma camada mais espessa de serapilheira contribuem para a redução do processo erosivo, não sendo possível identificar marcas relevantes da atuação deste processo na configuração da paisagem local.

**NO REFLORESTAMENTO :** As áreas de reflorestamento na sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas têm se mantido relativamente estáveis ao longo do tempo. Isso se deve, principalmente, à constante necessidade de lenha nas indústrias ligadas ao ramo de olaria, instaladas nesta área. Se, por um lado, houve um aumento significativo do número de empresas envolvidas em tal atividade<sup>17</sup>, por outro, a

---

<sup>17</sup> Havia, até 1970, 13 olarias cadastradas junto a Prefeitura Municipal de Santa Maria. Atualmente, este número chega a 38, a maior parte situada dentro da área da sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas (pelo menos seis delas, dentro da área urbana).

modernização de algumas delas significou uma redução relativa no uso da matéria prima em questão. Além disso, uma parte da lenha utilizada pelas olarias, especialmente as familiares e de pequeno porte, continua a sair ilegalmente das áreas de vegetação nativa.

Os principais tipos de árvores utilizados para reflorestamento continuam a ser o *Pinus* (especialmente o *Pinus elliotti*) e, principalmente, o Eucalipto (*Eucalyptus sp.*), devido ao rápido crescimento apresentado por estas espécies.

**NAS ÁREAS DE CULTIVO :** Além da redução das áreas de lavoura irrigada, já comentada no capítulo 3, é importante salientar também a significativa e progressiva redução das áreas de lavoura em terreno seco<sup>18</sup>.

O total de área plantada na sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas reduz de 3.523 ha (representando 10,16% da área total), em 1964, para 1.417,4 ha (4,36% da área total) em 1995. Este quadro é um reflexo direto da direção tomada pelo processo de modernização da agricultura brasileira, a partir da década de 70. O abandono da agricultura de subsistência, o incentivo às culturas de exportação, o uso desmedido de mecanização e produtos químicos relegaram às pequenas propriedades um futuro (hoje, um presente) de previsível decadência.

Aniquilada a economia de subsistência, é hora das médias e grandes propriedades sentirem o peso da crise. É cada vez menos importante o papel da agricultura (ao menos daquela que se destina a produzir alimentos) em um país aberto às importações de concorrentes com menor custo de produção. Se, até a década de 80, eram as pequenas propriedades as responsáveis pela redução da área plantada na sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas, a partir desta data este papel passa a ser desempenhado pelas médias e grandes propriedades.

Somado a isso, acrescente-se a redução da população rural e a valorização das terras, cada vez mais próximas da área urbana, desempenhando um papel de "reserva" no processo de especulação imobiliária.

---

<sup>18</sup> Em conversa com alguns produtores rurais, durante os trabalhos de campo, detectou-se que entre as principais culturas de terreno seco, encontram-se a mandioca, o feijão, o milho e algumas pastagens de verão.



Apesar disso, segundo RIO GRANDE DO SUL (1994), a maior parte (quase 15.000 ha)<sup>19</sup> da área da sub-bacia presta-se a cultivos continuados com culturas anuais adaptadas (mapa 12)<sup>20</sup>. Apenas uma pequena área (pouco mais de 3.000 ha) situada na encosta do planalto apresenta severas restrições à ocupação agrícola, principalmente devido à presença das altas declividades.

Já para as áreas aluviais (algo entre 7.000 e 8.000 ha), a recomendação de RIO GRANDE DO SUL (1994) vai no sentido da adoção de culturas anuais adaptadas de verão devido às limitações representadas pelas inundações periódicas e/ou má drenagem.

Além da análise da evolução do uso do solo, uma outra característica sobressai na dinâmica do Geossistema Agrário - o papel representado pela barreira natural da escarpa do planalto na organização da circulação atmosférica regional e local.

A região de Santa Maria registra, segundo SARTORI (1979), uma temperatura média que varia entre 13°C no inverno e 25°C no verão.

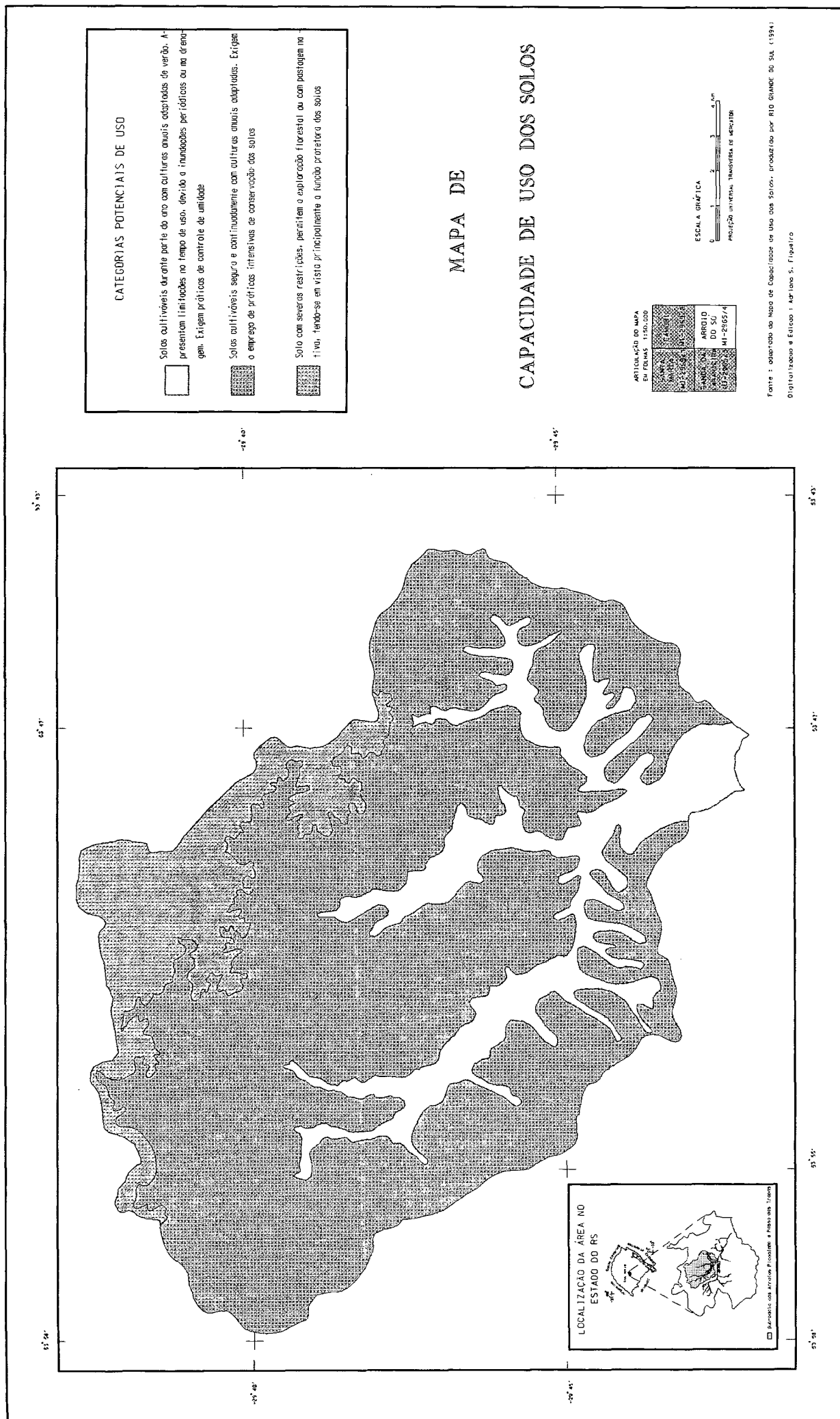
A atuação dos sistemas atmosféricos extra-tropicais (predominantes na região<sup>21</sup>) é deformada pela orientação leste-oeste do rebordo do planalto, gerando uma "canalização" dos ventos neste sentido, com conseqüências na temperatura, precipitação e ventilação.

A par disso, a situação da cidade na "boca do monte" parece sofrer os efeitos da formação de pequenas células de baixa pressão de caráter local, provocadas pelo grande aquecimento das pré-frontais. Este fato provoca o aceleração dos fluxos de Norte e Noroeste que descem a serra e como são ventos quentes, pela descida, se ressecam adiabaticamente. Assim, exatamente por ser um vento quente e seco, ele origina, nas fases pré-frontais, mal estar na população. (SARTORI, 1979, p. 94-5)

<sup>19</sup> Apesar de alto, este índice (aproximadamente 58,5%) ainda está bem abaixo daquele apresentado (78,7%) pelo IBGE (1986) para toda a Micro-região homogênea de Santa Maria.

<sup>20</sup> O mapa de Capacidade de Uso dos Solos (mapa 12) tem, no presente caso, importância secundária, devido a distorção de escala que apresenta. O mapa, originalmente elaborado por RIO GRANDE DO SUL (1994) na escala de 1:750000, foi ampliado para uma escala de 1:50000. Neste caso, a utilização neste trabalho tem a exclusiva função de ressaltar a discrepância entre a área agricultável da sub-bacia (que, mesmo resguardando-se as referidas distorções, é bastante grande) e a baixa ocupação agrícola que efetivamente ocorre.

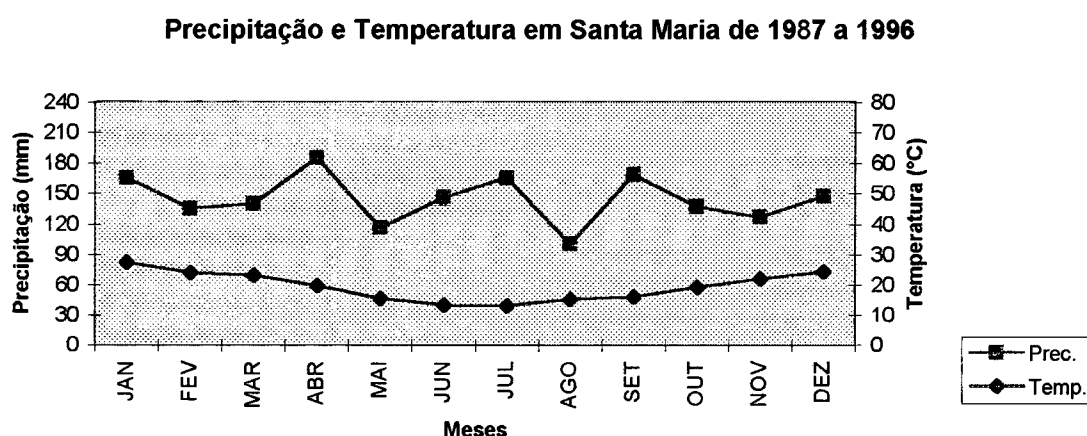
<sup>21</sup> Em estudo realizado por SARTORI (1980) na região de Santa Maria, ficou comprovada a superioridade da participação dos sistemas extratropicais (334 dias) em relação a dos sistemas intertropicais (31 dias), " (...) demonstrando o predomínio das Frentes e Massas Polares na circulação atmosférica regional" (p.41).



Mapa 12: Mapa de capacidade de uso dos solos  
Fonte: adaptado de RIO GRANDE DO SUL (1994)

No caso da precipitação, condicionada em todo o espaço riograndense pela periodicidade de entrada das Frentes e Massas Polares (FERIGOLO, VALMERATE e SARTORI, 1987), a mesma reflete, também, como salienta SARTORI (1993), a disposição dos compartimentos geomorfológicos, onde se sobressai, neste caso, a influência da escarpa sul da Serra Geral localmente denominada, em Santa Maria, de Serra de São Martinho. Desta forma, a presença desta barreira natural determina um aumento na precipitação, o que é identificado quando se compara a disposição do relevo com a distribuição da precipitação média na área de estudo. Esse aumento de precipitação, por sua vez, é uma das causas que condiciona a distribuição das formações vegetais. As áreas de maior umidade, representadas pelas várzeas e pela encosta do planalto (mapa 13)<sup>22</sup> sustentam uma vegetação de maior porte, enquanto que as áreas de campo (consideradas por VIEIRA, 1984, como “uma etapa de desenvolvimento em transição potencial à floresta” (p.157) aparecem somente naquelas áreas de menor concentração de umidade.

No entanto, considerando-se o diagrama climático da área de estudo (gráfico 4)<sup>23</sup> construído com base nos dados obtidos na estação meteorológica da

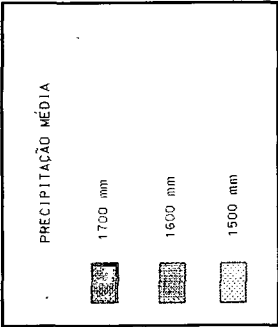
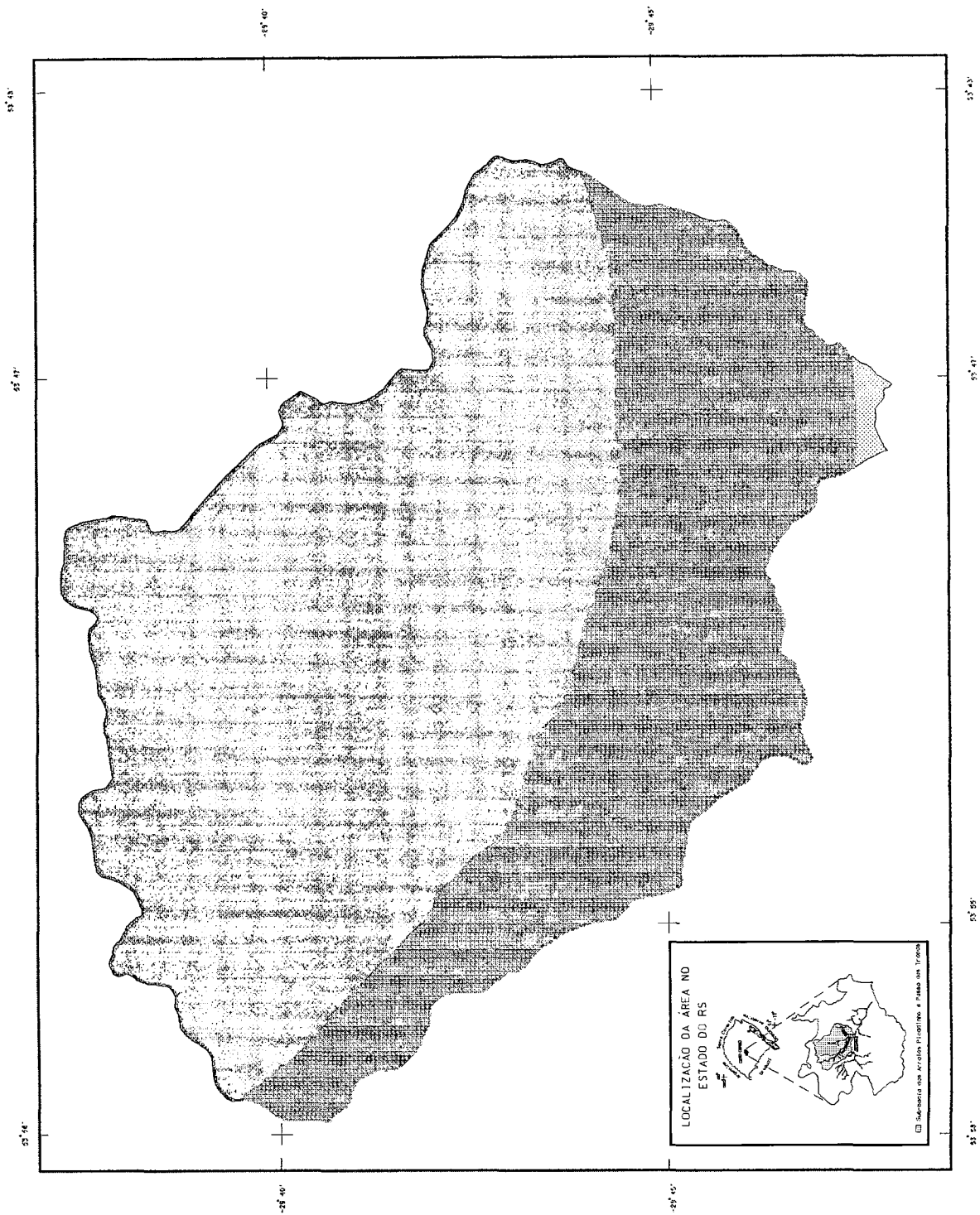


**Gráfico 4 - Diagrama climático da região de Santa Maria para o período de 1987-1996**

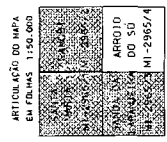
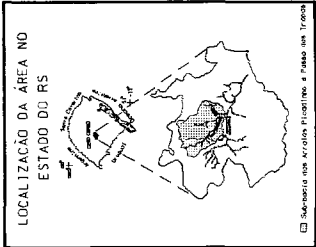
FONTE : Estação Meteorológica da UFSM

<sup>22</sup> É possível que a localização das isoietas de 1600 mm e 1700 mm apresentem alguma distorção em função da ampliação feita para a escala de 1:50000, a partir do mapa original produzido por IPAGRO (1989) na escala de 1:500000. Apesar disso, a localização precisa de tais limites é irrelevante, já que o objetivo maior é a demonstração do aumento da pluviosidade, na área de estudo, no sentido sul - norte.

<sup>23</sup> O diagrama climático foi elaborado com base na relação de 10° C = 30 mm, conforme proposta apresentada por WALTER (1986). A partir deste diagrama, segundo o autor, é possível ter uma idéia do comportamento da dinâmica vegetal frente às características climáticas.



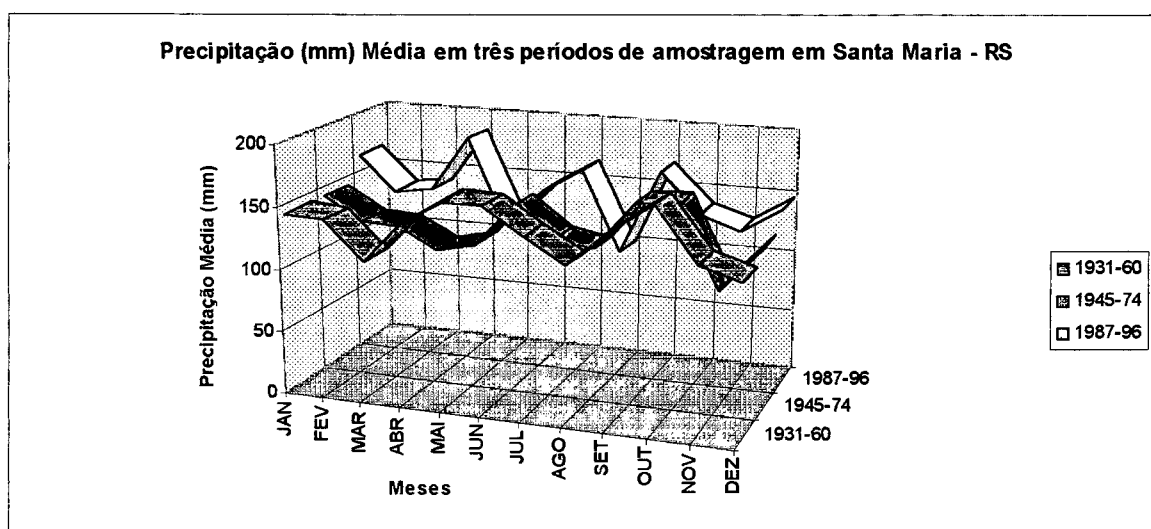
# MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL



Fonte : Secretaria de Agricultura do Estado do RS  
Digitalização e Edição : Airiana S. Figueira

Mapa 13 - Mapa de precipitação média anual da área de estudo  
Fonte: adaptado de IPACRO, 1989

UFSM, é possível perceber a inexistência de um período de insuficiência hídrica, já que além de uma precipitação média relativamente elevada, a mesma se apresenta bem distribuída ao longo das estações, conforme pode ser visto no gráfico 5, para três períodos selecionados. Esta situação nos leva a concluir, considerando exclusivamente a dinâmica vegetal, que do ponto de vista climático as áreas de mata-galeria estariam em expansão sobre as áreas de campo. Isso só não ocorre efetivamente, em função da interferência antrópica, que impõe um ritmo de desmatamento superior à capacidade de regeneração da formação vegetal.



**Gráfico 5 - Distribuição da precipitação ao longo do ano na região de Santa Maria em três períodos selecionados<sup>24</sup>**

Fonte : IPAGRO (1989) / Estação Meteorológica da UFSM

## **5.2 - A dinâmica do Geossistema Urbano**

Tal como já se comentou anteriormente, esta Unidade Ambiental vem apresentando um crescimento acelerado nos últimos anos. Este crescimento, na maior parte das vezes efetivado por uma população de baixa renda, se distribui a partir de três eixos principais : em direção norte, ocupando as áreas da escarpa, com

<sup>24</sup> O período de 1987 a 1996 corresponde aos dados levantados para esta pesquisa junto à estação meteorológica da UFSM, enquanto que os períodos de 1931 a 1960 e 1945 a 1974, correspondem a períodos de dados já sistematizados e publicados pela IPAGRO (1989).

declividade superior a 15 % e instabilidade natural dos taludes; em direção sudeste, ocupando a área compreendida entre a BR - 392 e a estrada para Arroio do Só; e, para oeste, seguindo o alinhamento principal da BR - 453.

No caso do primeiro eixo (ocupação de áreas de alta declividade), as principais áreas de ocupação não se localizam no rebordo propriamente dito, mas nas encostas dos morros-testemunho (caracterizados como Geofácies Urbana de Morros-testemunho). Nestas áreas, a expansão é motivada tanto por uma população de alta renda (que busca a "tranquilidade" das áreas mais afastadas do centro) quanto por uma população de baixa renda, que "cria" novos espaços para se inserir no sistema urbano do qual eles são sistematicamente excluídos. Tal situação está resultando em um acelerado desmatamento destas áreas, com sérios prejuízos no que diz respeito à qualidade ambiental.

Ambas ocupações se defrontam com uma importante característica de ordem ambiental, o assentamento urbano sobre a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas. Esta área, constituída basicamente de arenitos fluviais é, segundo MACIEL FILHO (1990), a área de maior recarga do aquífero que serve à cidade.

Segundo o autor, algumas outras áreas de recarga, como a da Formação Caturrita, junto à área mais urbanizada já estão perdidas principalmente devido a impermeabilização do solo. Assim, a proteção desta área do arenito basal da Formação Santa Maria, evitando uma excessiva redução da infiltração e salvaguardando dos depósitos de lixo e esgotos, seria fundamental para a manutenção do nível do principal aquífero da região. Infelizmente, este parece não ser o futuro desta área, já que, como identificou MACIEL FILHO (1988), grande parte do lixo urbano produzido pela cidade de Santa Maria está sendo colocado justamente aí.

A impermeabilização da área urbana tem gerado, ainda, uma outra importante consequência sobre as variáveis do meio físico. O aumento da velocidade de escoamento superficial em direção às áreas de solo exposto, na periferia da cidade, tem produzido uma proliferação dos processos de vossorocamento e ravinamento, principalmente sobre os siltitos argilosos da Formação Santa Maria - Membro Alemoa; algumas, até mesmo, de proporções consideráveis.

No entanto, uma das conseqüências mais condenáveis da ocupação desordenada que vem se processando no Geossistema Urbano, são os problemas decorrentes da urbanização ao longo da várzea do Cadena.

Possuindo as nascentes no rebordo do planalto, o arroio Cadena tem, inicialmente, direção norte - sul. Próximo à estação ferroviária ele desvia para oeste, recebendo seu primeiro afluente, o arroio Itaimbé. Segue margeando os setores noroeste e oeste da zona urbana, recebendo, mais ao sul, outro importante afluente, o arroio Cancela.

Margeando grande parte da periferia da cidade, constituída por terrenos mal drenados e sujeita a alagamentos constantes (acentuados pela redução do leito e pelo assoreamento progressivo a que vem sendo submetido o arroio), esta área, historicamente um obstáculo à expansão urbana, vem desempenhando, nos últimos quarenta anos, um novo papel na dinâmica urbana, qual seja, o de servir de "depositário" de uma parcela social e economicamente marginalizada da população<sup>25</sup>.

Por atravessar uma zona de alta concentração urbana ao longo dos seus mais de 15 Km, o arroio tem parte do seu leito retificado e canalizado (foto 3), o que, de imediato, já pressupõe duas características importantes : uma valorização e reurbanização da terra ao longo da parte canalizada, e um aumento da velocidade de escoamento a jusante dela.

A ocupação das áreas, que restam a céu aberto, produz uma urbanização tipicamente marginal, onde dois aspectos importantes se sobressaem : a alta concentração de moradias e o uso do leito do arroio como "solução" ao destino de lixo e esgoto (foto 4).

Quanto ao primeiro aspecto, é previsível que a ocupação de uma área de várzea até o seu extremo, implique, principalmente, em dois grandes problemas: o desmoronamento das margens (foto 5) pela retirada da vegetação e a ocorrência freqüente de alagamentos, que são favorecidos pela redução da secção transversal do leito (pelo avanço das casas e pela canalização) e pela diminuição da profundidade provocada pelo assoreamento. Segundo dados coletados pela UFSM<sup>26</sup> (1996), em torno de 30 % dos entrevistados queixou-se de alagamentos, enquanto que 36 % dos entrevistados atesta a existência de desmoronamentos (gráfico 6).

---

<sup>25</sup> Em pesquisa feita por trabalhadores da área da saúde e reproduzida por ORTIZ (1995), abrangendo 237 pessoas do bairro Salgado Filho, às margens do Cadena, identificou-se um total de 17,4% de analfabetos e 69,6% com 1º Grau incompleto. Além disso, para 61% dos entrevistados, a renda familiar não ultrapassa 1 salário mínimo.

<sup>26</sup> Esta pesquisa refere-se a um projeto interdisciplinar de extensão promovido pela Universidade Federal de Santa Maria em convênio com a Prefeitura Municipal, onde foi feita uma pesquisa domiciliar por amostragem ao longo de todo o curso do arroio Cadena, tendo sido aplicados questionários em 5% da população ribeirinha.

Quanto ao segundo aspecto, ou seja, a utilização do leito do arroio como escoadouro para o esgoto e lixo doméstico, os números são ainda piores. Pela pesquisa promovida pela UFSM (1996), 43% da população ribeirinha afirmou estar

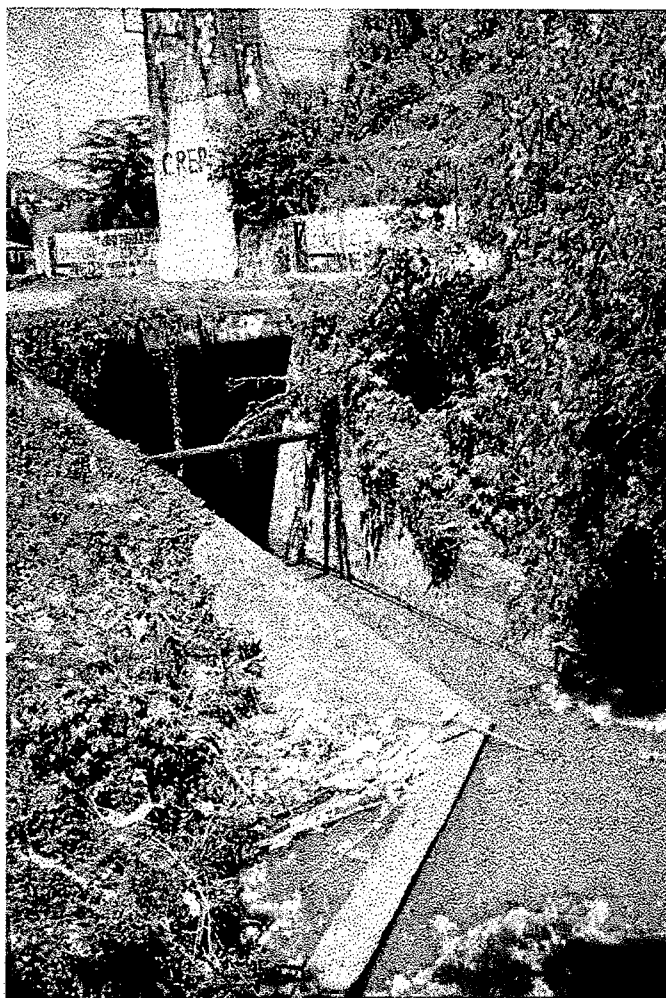


Foto 3 : Início da canalização do arroio Cadena na vila Salgado Filho





Foto 4 - Área de deposição de lixo e saída de esgoto, próximo à avenida Borges de Medeiros



Foto 5 - Ocupação irregular das margens do arroio, com aspectos de desmoronamento

jogando o lixo doméstico para dentro do arroio, enquanto que 38% para lá dirige o esgoto sanitário. A esses números podem ser somados os daquela parcela da população que utiliza o sistema de fossa e/ou poço negro já que, construídas inadequadamente, sem manutenção e sobre terreno arenoso, é muito provável que a infiltração até o lençol seja bastante grande (gráfico 7).

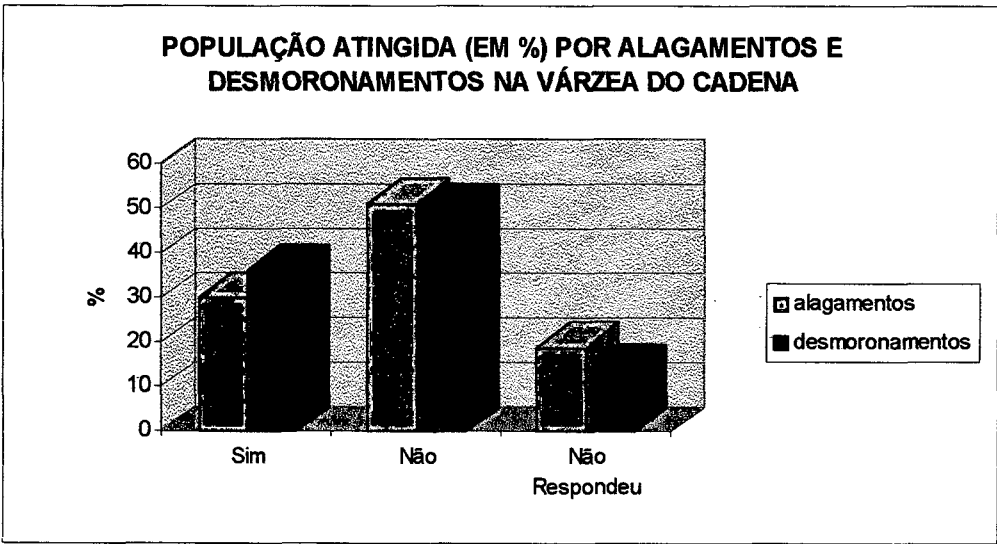


Gráfico 6 - População atingida (%) por alagamentos e desmoronamentos na várzea do Cadena

Fonte : adaptado de UFSM (1996)

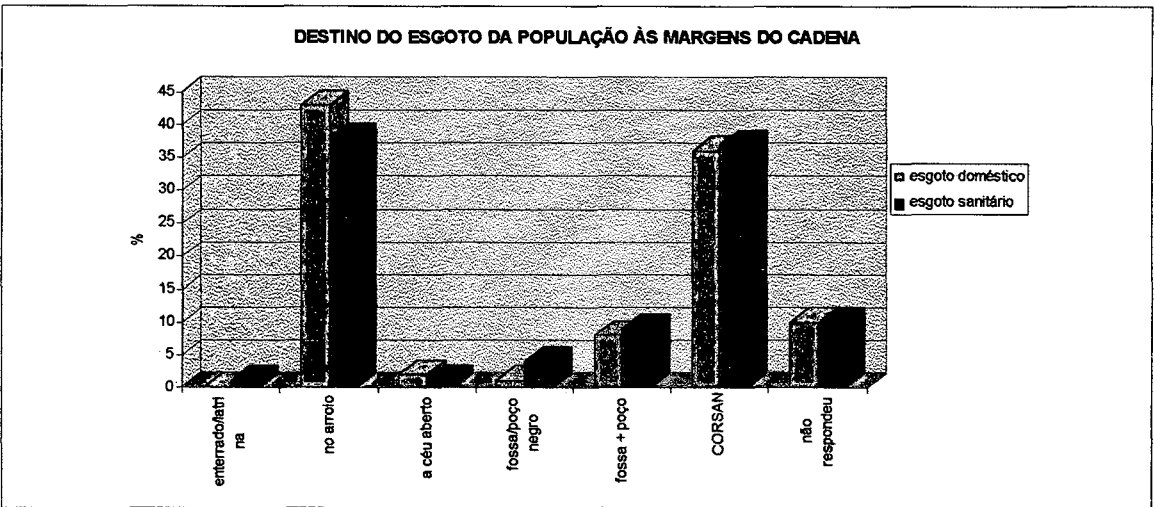


Gráfico 7 - Destinação do esgoto doméstico e sanitário da população ribeirinha

Fonte : adaptado de UFSM (1996)

Este fato aponta para duas consequências diretas : a possibilidade de contaminação da água por agentes patógenos<sup>27</sup> e a proliferação de vetores de contaminação como ratos e mosquitos, atestados pela maior parte da população entrevistada (gráfico 8).

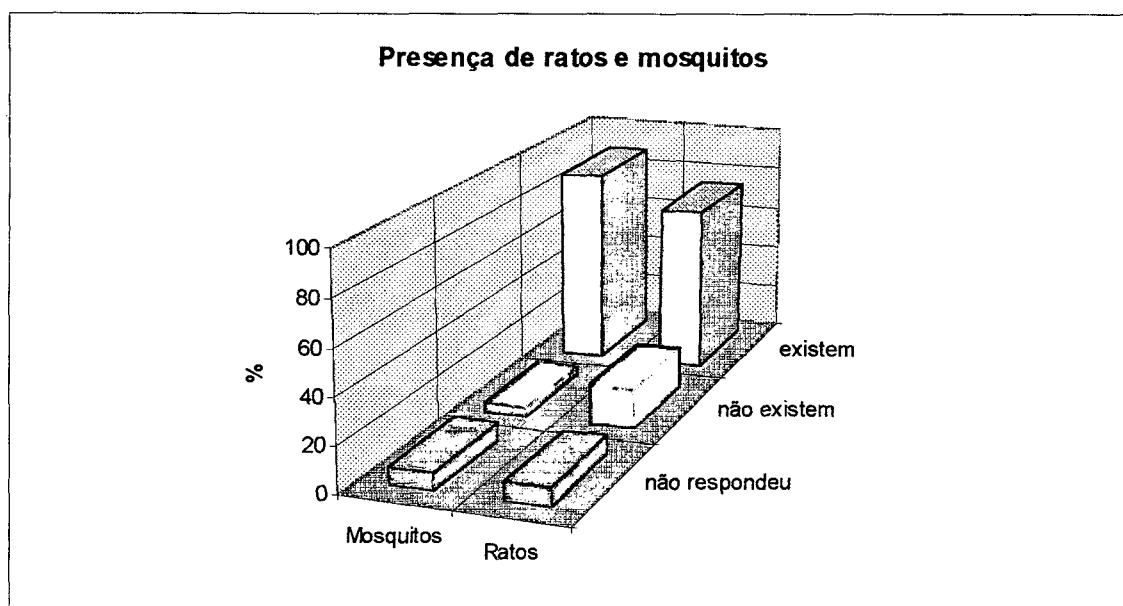


Gráfico 8 - Proliferação de vetores de contaminação ao longo do arroio Cadena

Fonte : adaptado de UFSM (1996)

O mais preocupante é observar a campo que algumas famílias se utilizam desta água para o consumo doméstico diretamente ou, indiretamente, através de poços pouco profundos. De acordo com MACIEL FILHO (1990), “pela existência de depósitos de lixo sobre os aluviões do Cadena e no seu leito seco, admite-se que aquele aquífero esteja poluído em toda a área e redondeza desse lixo” (p. 15).

De uma certa maneira, pode-se dizer que a ocupação urbana irregular responde por parte de uma das formas de energia presentes no Geossistema Urbano. Já que é

<sup>27</sup> Segundo um estudo de BADKE et al (apud UFSM, 1996), de doze pontos de coleta de água ao longo do arroio, apenas dois apresentaram taxas abaixo de 3000 coliformes/100 ml de água, limite máximo admitido pelo Ministério da Saúde. Neste caso, a presença dos coliformes é um indicador da possibilidade de existência de organismos patógenos.

promovida por uma lógica diferente daquela que desencadeia a ocupação planejada, esta ocupação irregular transfere para o espaço um arranjo completamente desorganizado. Pensada em termos da teoria sistêmica, esta forma de energia que “desorganiza” o espaço (segundo os padrões estabelecidos pelo sistema vigente) é uma das principais fontes de entropia presentes no sistema<sup>28</sup>. Por outro lado, a estruturação do sistema dominante, materializado pelas leis, instituições, mercado e códigos de valor, representa a outra forma de energia, atuando no sentido de dar uma ordem ao sistema ou, em outras palavras, limitar os efeitos da entropia, procurando lançar “informações”<sup>29</sup> no sistema. É sobre este confronto (que antes de mais nada é um processo dialético), que se fundam as bases de organização da sociedade, já que a produção de contradições é uma característica inerente ao sistema econômico adotado.

Além da urbanização irregular, já descrita, outro processo atuante ao longo da várzea do Cadena e/ou seus afluentes é a extração de argila, cujas cavas abandonadas (muitas com profundidades superiores a 5 metros), na maior parte das vezes, servem à acumulação de água das chuvas e proliferação de mosquitos, sem que nenhum plano de recuperação seja colocado em prática.

Outro importante aspecto a ser ressaltado no Geossistema Urbano é quanto às características atmosféricas, especialmente no que diz respeito à ventilação, já que o aumento da temperatura basal dos núcleos urbanos faz com que seja gerada uma pequena célula de baixa pressão, atraindo para si o ar de menor temperatura da zona rural. Independente disso, SARTORI (1979) chama a atenção para o papel desempenhado pela topografia do sítio urbano de Santa Maria no processo de ventilação urbana. Uma referência mais genérica é feita por GEIGER (1980) ao afirmar que “(...)o clima da cidade depende em grande parte da situação topográfica da mesma” (p.508). Além disso, continua o autor, “situações de encosta (...) favorecem determinadas características do clima urbano” (p.508).

---

<sup>28</sup> Considerando que a entropia é aquela parte da energia do sistema que se degrada e se desorganiza, numa estrutura caótica incapaz de gerar trabalho, pode-se dizer que as consequências negativas advindas do modo de produção escolhido, representam a base da entropia de qualquer geossistema urbano.

<sup>29</sup> Segundo a teoria da informação, a “informação” é uma mensagem inserida no sistema no sentido de estabelecer uma ordenação dos elementos num determinado sentido, reduzindo a entropia e promovendo, dessa maneira, um ganho de energia pelo sistema.

Assim, segundo SARTORI (1979), a presença do planalto e dos morros-testemunho determina duas características peculiares à cidade de Santa Maria : uma circulação de ventos predominantemente leste-oeste e uma importante participação dos fluxos de norte e noroeste que, ao descerem o planalto, sofrem um aquecimento adiabático, ressecando o ar e imprimindo na cidade uma característica distinta a dos municípios vizinhos. Além disso,

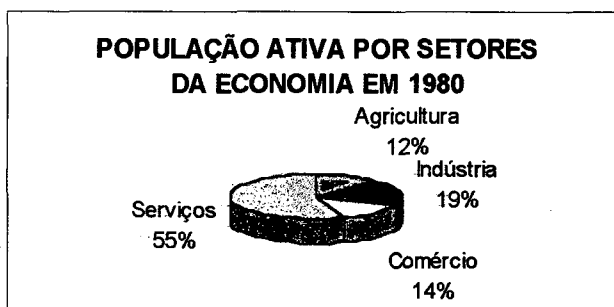
a ausência de áreas verdes no núcleo da cidade também nos parece ser problema agravante para originar em Santa Maria um *clima urbano* acentuado, já que a vegetação fornece umidade ao ar pela evapotranspiração, diminuindo a temperatura nas suas vizinhanças. (SARTORI, 1979, p.156)

Afora isso, a situação topográfica do sítio urbano de Santa Maria também condiciona alguns outros processos da dinâmica atmosférica, como a concentração de poeiras e a presença de nevoeiros, fatos estes que mereceriam estudos mais aprofundados para que pudessem ser aqui analisados.

A inserção da análise de outros processos da dinâmica do Geossistema Urbano, como a circulação de pessoas e capitais, seria extremamente relevante para o entendimento do complexo funcionamento do mesmo, especialmente no caso de Santa Maria, onde as estruturas econômicas parecem não possuir mecanismos para escapar das bruscas variações conjunturais da "economia doméstica".

A grande participação do setor Terciário na economia do município, como pode ser identificado no gráfico 9, faz com que o sistema fique na dependência de fluxos externos de capitais, os quais, no presente caso, dependem fundamentalmente do mercado agrícola e do poder aquisitivo da classe média.

Estimar tais fluxos, no entanto, demandaria um esforço superior às capacidades desta pesquisa, já que seria necessário elencar indicadores e coletar uma série bastante grande de dados. Chega-se, aqui, num dos limites do trabalho. Avançar com base em hipóteses, sem que ao menos se tenha um conhecimento disciplinar satisfatório neste campo de análise, seria, no mínimo, uma irresponsabilidade para com o objeto de pesquisa. Correr atrás dos dados ou dos trabalhos que a eles se refiram, seria querer dar ao tempo uma elasticidade que ele já não tem.



**Gráfico 9 - Distribuição da População Economicamente Ativa em 1980, por setor de atividade, no município de Santa Maria -RS**

Fonte : Censo Demográfico do Rio Grande do Sul, 1980

O trabalho, enfim, não se encerra neste momento. Ainda há muito para desenvolver no que se refere à interpretação da dinâmica da paisagem. O avanço da análise, porém, só poderá ser efetivado a partir de uma nova estrutura, mais instrumentalizada e verdadeiramente interdisciplinar.

De qualquer maneira, entenda-se este trabalho como o primeiro passo nesta direção.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho foi desenvolvido com a intenção de realizar um zoneamento ambiental na sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas (Santa Maria - RS), a fim de apresentar uma contribuição ao entendimento da estrutura e funcionamento da paisagem, tendo-se como principais instrumentos teórico-metodológicos a teoria sistêmica (através da proposta geossistêmica) e o uso do geoprocessamento.

Três hipóteses básicas, propostas por PLA (1992), nortearam as investigações :

- toda a paisagem é composta fundamentalmente por três tipos de elementos: abióticos, bióticos e antrópicos. A variabilidade das paisagens decorre justamente da forma e da intensidade com que estes três elementos se relacionam entre si no espaço e no tempo;
- a proposta geossistêmica, enquanto modelo teórico de análise, se adequa perfeitamente ao estudo da paisagem. Partindo-se desta perspectiva sistêmica, os elementos devem ser buscados a partir do seu inter-relacionamento, já que a modificação em um dos elementos é capaz de provocar mudanças, em maior ou menor grau, nos demais. Esta é, sem dúvida, a base sobre a qual se construiu a idéia do cruzamento dos mapas temáticos;
- como todo sistema aberto, o geossistema está em constante evolução, refletindo as formas e as intensidades das entradas e saídas de matéria e energia.

Somado a isso e com base nos estudos desenvolvidos por ROSA (1995), acrescentou-se uma quarta hipótese, a de que o geoprocessamento e o sensoriamento remoto são instrumentos que permitem identificar a interrelação entre as variáveis da paisagem com menor gasto de tempo e alta eficiência.

Muito mais do que um conhecimento exaustivo da estrutura e da dinâmica paisagística, o estabelecimento dos objetivos e dos procedimentos metodológicos visaram a confirmar as hipóteses colocadas acima, apresentando uma tentativa de análise integrada. Se, ao longo dos capítulos, foi possível lançar algumas luzes sobre as limitações e as possibilidades deste tipo de análise, então as pretensões foram efetivamente alcançadas.



A identificação de Unidades Ambientais por intermédio do zoneamento é apenas um recurso de síntese<sup>1</sup> para facilitar a compreensão do complexo paisagístico. Neste caso, como afirma MARTINELLI (1994) :

Na representação de síntese não podemos mais contar com a participação dos elementos considerados no nível analítico, e sim a fusão deles em conjuntos espaciais característicos. Isso significa que os mapas ambientais deverão ressaltar agrupamentos de lugares definidos por agrupamentos de atributos ou variáveis. (p.235)

A solução analítica, como afirma o autor, tornar-se-ia de interpretação exaustiva, além de demandar importantes esforços gráficos no sentido de compatibilizar, em um único cartograma, a representação das diferentes variáveis ambientais com as suas respectivas dinâmicas. Assim, sem que se queira propor falsos paradoxos, mas a síntese neste caso é, antes de tudo, um recurso da análise.

As duas grandes Unidades Ambientais identificadas (Geossistema Agrário e Geossistema Urbano), posteriormente subdivididas em sete Geofácies, representam muito mais do que o resultado da simples adição de planos temáticos; elas representam entidades espaciais em cujo interior os processos são dominados pela interação de duas ou mais das variáveis analisadas.

Essas áreas respondem ao princípio da integração, porém, como se procurou enfatizar ao longo de todo o texto, este princípio não corresponde a uma categoria objetiva e invariável de análise. Ao contrário, ela se sustenta nos conceitos e escala de valores do pesquisador, apesar de toda a “parafernália tecnológica” utilizada<sup>2</sup>.

Tal como havia sido planejado, os procedimentos metodológicos constituiram-se basicamente da elaboração ou adaptação de cinco mapas temáticos principais (solos, geologia, geomorfologia, declividades e uso do solo), a introdução destes mapas em um programa SIG e a elaboração de cinco cruzamentos previamente estabelecidos,

---

<sup>1</sup> Para que não hajam dúvidas, salienta-se que a “representação de síntese” expressa por MARTINELLI (1994) corresponde à “abordagem analítica” proposta por BRUNEAU (1980) e colocada na introdução deste trabalho. Também, da mesma forma, a abordagem que BRUNEAU (1980) chama de “globalizante”, corresponde à representação analítica expressa por MARTINELLI (1994).

<sup>2</sup> Em algumas circunstâncias, a adoção de um instrumental tecnológico tende a ser entendido como a solução para os “os problemas de interpretação” criados pela condução subjetiva da pesquisa. A pretensão, nestes casos, é usar a técnica para anular as contradições, negando que sejam estas que efetivamente conduzem a pesquisa e fazem avançar o debate. Como afirma MORAES (1994, p.54) : “ o tecnicismo visa (...) autonomizar a ciência em relação à sociedade que a gerou, pondo a técnica como algo acima dos conflitos e das disputas; enfim, com uma aura de verdade só acessível à seus próprios formuladores”.

até resultar na identificação de duas grandes Unidades Ambientais, representadas pelo Geossistema Agrário (com cinco Geofácies) e pelo Geossistema Urbano (com duas Geofácies).

Dentre as principais características que individualizam cada uma das Unidades Ambientais identificadas, têm-se :

**GEOSSISTEMA AGRÁRIO :** Esta Unidade envolve todas as áreas de ocupação tipicamente rural da sub-bacia, cujas características principais são a baixa concentração populacional e o predomínio dos processos ligados à exploração do solo (seja diretamente, através da agricultura, seja indiretamente, através da pastagem nativa ou da exploração madeireira). Esta grande Unidade se divide em 5 geofácies :

**I- Geofácies Agrária das Áreas Bem Drenadas :** Esta Unidade corresponde à uma pequena parcela da sub-bacia situada na porção E-SE da área, compreendendo parte da margem esquerda do arroio Passo das Tropas. A associação de um terreno com baixa densidade de drenagem e uma ocupação por culturas de terreno seco individualizam esta área dentro do Geossistema Agrário. A baixa densidade de drenagem, neste caso, liga-se à uma geologia de arenitos finos da Formação Rosário do Sul, associada à presença de terrenos mais altos. Salienta-se ainda o predomínio de pequenas e médias propriedades, na maior parte dos casos, desenvolvendo uma produção de subsistência.

**II- Geofácies Agrária das Áreas Aluviais :** Esta Unidade corresponde fundamentalmente ao recorte espacial imposto pelas áreas da planície de inundação. A característica mais importante desta Unidade refere-se à progressiva diminuição das áreas de mata-galeria, seja para o estabelecimento de lavouras comerciais de arroz, seja para a utilização como combustível, tanto no uso doméstico como nas olarias, estas últimas, situadas principalmente na periferia da cidade. Ressalta-se, neste caso, a profunda relação que esta Unidade mantém com a Geofácies Urbana Consolidada, seja porque esta última é entrecortada pelo arroio Cadena e seus afluentes, seja pelas atividades econômicas que se desenvolvem nas áreas de várzea (cultivo de arroz, olarias e desmatamento), ligadas à dinâmica urbana.

**III- Geofácies Agrária das Áreas Mal Drenadas :** Nesta Unidade estão compreendidas aquelas áreas de planície dominadas por uma vegetação herbácea e voltadas principalmente à atividade pecuarista. Mantendo-se a dinâmica atual, a porção desta Unidade compreendida entre as Unidades II, VI e VII apresenta amplas

características de transição para o Geossistema Urbano, embora atualmente ainda mantenha o perfil de uma associação de campos com cultivos de subsistência.

**IV- Geofácies Agrária dos Patamares Escarpados :** Nesta área, a individualidade fica por conta da topografia, que impõe amplas limitações ao uso agrícola ou pastoril. Como consequência disso, é aqui onde a vegetação arbórea se mantém mais preservada, embora presente, no conjunto, uma dinâmica regressiva, face aos desmatamentos que vêm ocorrendo nas áreas de menor declividade. Esta Unidade se destaca, também, pelo papel que representa sobre a circulação atmosférica, tanto no sentido de um aumento de precipitação nas áreas da encosta, quanto no redirecionamento dos ventos em sentido W - E, o que representa a principal ligação desta Unidade com o Geossistema Urbano.

**V- Geofácies Agrária de Transição :** Por estar à jusante da área do rebordo fazendo a ligação deste com as áreas de campo, esta Unidade apresenta importantes problemas ambientais, principalmente no que diz respeito à retirada da mata (que praticamente já desapareceu desta área), à instalação e abandono de áreas agrícolas (incluindo, neste caso, algumas áreas de alta declividade) e o avanço do Geossistema Urbano. Esta área corresponde propriamente ao limite da ocupação efetiva, que se desloca em direção às áreas de maior altitude e declividade.

**GEOSSISTEMA URBANO :** Esta Unidade envolve todas as áreas de ocupação tipicamente urbana cujos processos principais se originam a partir da esfera política e econômica. Nesta Unidade, a dinâmica dos processos é maximizada pela alta densidade de ocupação do espaço, podendo-se identificar duas geofácies :

**VI- Geofácies Urbana Consolidada :** Representa as áreas de urbanização mais antigas e, também, as áreas periféricas de expansão atual da zona urbana. O adensamento populacional, a complexidade da dinâmica econômica, a impermeabilização do solo, a degradação da vegetação e dos recursos hídricos, além da particularidade da circulação atmosférica são as principais características que individualizam esta Unidade. Por representar o centro econômico (mais direto) e de tomada de decisões (ou de repasse delas), esta Unidade representa o principal ponto de troca de matéria e/ou energia com cada uma das demais Unidades Ambientais identificadas, sendo uma das grandes responsáveis pela manutenção e, até mesmo, aumento do grau de entropia no interior do sistema.

**VII- Geofácies Urbana de Morros-testemunho :** Esta Unidade liga-se, morfologicamente, com o rebordo do planalto, porém apresenta uma dinâmica de ocupação que a torna uma peça do Geossistema Urbano. Esta área de morros, testemunho do limite anterior do planalto meridional pela proximidade com a área urbana, já apresenta uma redução significativa da cobertura vegetal e uma ocupação por áreas residenciais de classe alta, por um lado, e de classe baixa, por outro lado. A manutenção da vegetação original e a suspensão da ocupação urbana, poderiam gerar nesta área, em tempo geológico, processos de especiação de flora e fauna, já que a urbanização das áreas ao redor representa um obstáculo à expansão dos indivíduos ali presentes.

O quadro 13 apresenta, resumidamente, a síntese das principais características presentes nas Unidades Ambientais identificadas.

Pelos resultados obtidos a partir da análise das Unidades Ambientais, pode-se concluir que :

a) a adoção da proposta geossistêmica, por meio da utilização do geoprocessamento, prestou-se perfeitamente ao estudo da estrutura e funcionamento da paisagem;

b) a separação entre duas Unidades Ambientais distintas dificilmente poderá ser feita pelo simples traçado de uma linha divisória, já que cada Unidade apresenta uma transformação progressiva das suas características do centro para a periferia, de tal maneira que na zona de contato entre duas Unidades verifica-se uma mistura entre as características de ambas. Neste caso, entendeu-se que a melhor solução, tal como sugerido por MONTEIRO (1995), é a de delimitar "faixas de transição" ao longo das áreas limítrofes entre as Unidades;

c) o mapa de declividades pouco contribuiu para a compreensão dos processos atuantes na área estudada. Isto se deve a dois motivos principais : em primeiro lugar, pelo fato de que o mapa geomorfológico já incorpora o comportamento mais geral da declividade e, em segundo lugar, por que o método automático para determinação das declividades ainda apresenta limitações se comparado com o método manual;

d) das Unidades Ambientais identificadas, a Geofácies Urbana Consolidada é a que apresenta o maior dinamismo, seguida da Geofácies Agrária de Transição, cuja tendência é ampliar a sua área em direção à Geofácies Agrária dos Patamares Escarpados;

AGRÁRIO							URBANO	
Geossistema	das áreas aluviais	das áreas bem drenadas	das áreas mal drenadas	de transição	dos patamares escarpados	consolidada		
Geofácies	depósitos aluvionares	predomínio de arenitos de origem fluvial (formação Rosário do Sul) e siltitos argilosos da Formação Santa Maria (Membro Alemoa)	predomínio de arenitos, variando de finos a grosseiros (Formações Rosário do Sul e Santa Maria- Membro Passo das Tropas)	predomínio de arenitos médios e finos de origem fluvial (Formação Caturrita)	rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, com intercalações de arenito intertrap	predomínio dos siltitos argilosos da Formação Santa Maria (Membro Alemoa)		de morros-testemunho
Solos	Glei pouco húmido ou Planossolo da Unidade Vaccaí	Podzólico Bruno-acinzentado	predomínio de Podzólico Bruno-acinzentado com algumas áreas de Podzólico Vermelho-amarelo da Unidade São Pedro	predomina o Podzólico Bruno-acinzentado (Unidade Santa Maria) e o Podzólico Vermelho escuro ou Vermelho-amarelo	predomínio de Terra Roxa Estruturada com áreas de Litossolo e/ou afloramento de rocha. Nas áreas mais baixas aparecem depósitos coluviais	Podzólico acinzentado da Unidade Santa Maria	Bruno- Podzólico	Bruno- acinzentado e Podzólico Vermelho-amarelo
Relevo	planícies aluviais com altitudes inferiores a 60m e declividade menor que 5 %	planície com coxilhas suavemente onduladas cuja amplitude não ultrapassa os 60m. Relevo medianamente dissecado	coxilhas suaves em relevo de dissecção média a forte, com presença de áreas mais úmidas	reborço do Planalto, com relevo fortemente dissecado e declividade variando entre 12 e 30 % em média	relevo tabular escarpado, com altitudes superiores a 300 m, cujas declividades superam os 30 %	predomínio de coxilhas suaves. Modificações decorrentes de obras de engenharia.		área de morros, com presença de altas declividades em alguns pontos
Uso predominante	resquícios da mata-galeria, progressivamente reduzida pelo avanço de lavouras de arroz e extração de areia e argila	predomínio de cultivos de terreno seco	predomínio de campos nativos com algumas áreas de reflorestamento de Pinus e Eucalipto	área de campos e de cultivos de terreno seco. Presença de áreas agrícolas abandonadas	manutenção das áreas de Floresta Decidual	uso estritamente por atividades urbanas típicas		avanço da área de urbanização e redução da cobertura florestal
Uso recomendado	solos possíveis de serem cultivados com culturas anuais adaptadas de verão.	utilização com culturas anuais adaptadas, com emprego de práticas intensivas de conservação dos solos	culturas anuais adaptadas, com controle da umidade e pastagem	recuperação das áreas desflorestadas em altas declividades e incentivo ao cultivo de hortaliças em pequenas propriedades	severas restrições às práticas agrícolas. Permite a exploração florestal ou com pastagem nativa	atividades urbanas típicas		área a ser preservada
Recomendações	manutenção das áreas de matas-galeria e recuperação das áreas desflorestadas	manutenção das áreas agrícolas, evitando o avanço da urbanização e a impermeabilização dos solos, a fim de permitir a recarga do aquífero	incentivo à pecuária leiteira	recuperação das áreas desflorestadas em altas declividades e incentivo ao cultivo de hortaliças em pequenas propriedades	manutenção da vegetação florestal para evitar o aceleramento da erosão	aumento das áreas verdes de lazer e realocação das áreas de invasão ao longo do arroio Cadena		estudo mais aprofundado com a finalidade de estipular a melhor forma de preservação para esta área.

Quadro 13 - Síntese das principais características das Unidades Ambientais identificadas

e) o nível de integração entre os dois Geossistemas identificados é muito maior do que o esperado inicialmente<sup>3</sup>. Disso decorre a conclusão de que a estrutura molda e acomoda os processos segundo as suas características, mas não os determina ou condiciona. Isso atribui à dinâmica da paisagem uma importância prioritária em relação à sua estrutura, o que pode ser significativo para um redirecionamento dos estudos que ainda insistem em manter-se ligados exclusivamente à categoria fisionômica.

Dada a importância dos processos na conformação da estrutura, não se poderia concluir o trabalho sem apresentar uma proposta de compreensão da dinâmica global da paisagem na sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas. Esta proposta é apresentada na figura 30, tendo como princípios básicos a simplificação e a generalização dos processos.

A proposta se coloca como um modelo experimental, contendo por certo muito mais deduções, hipóteses e incertezas do que propriamente dados comprovados. No entanto, tendo em vista a escala de trabalho proposta, considerou-se esta primeira aproximação de análise integrada dos processos atuantes como aceitável.

A comprovação e o aperfeiçoamento de tal modelo só poderão ser feitos a partir de uma coleta extensa e sistemática de dados, ao longo de um período bem maior do que o destinado ao presente trabalho. Apesar disso, este esboço proposto aponta para as principais direções em que tais dados deverão ser buscados.

#### No Geossistema Agrário :

Intensificar o controle e a fiscalização sobre as áreas desmatadas,

---

<sup>3</sup> Pela ampla revisão teórica feita inicialmente, tinha-se a impressão de que o nível de solidariedade entre dois Geossistemas distintos deveria ser baixo, se comparado à solidariedade existente entre as diferentes Geofácies de um mesmo Geossistema. No entanto, o que se observou é que conforme a variável analisada, o nível de integração apresenta amplas oscilações, sendo maior no que diz respeito à variável econômica e atmosférica. Disso resulta uma importante conclusão : a paisagem não pode possuir uma única escala de análise; se isto já era verdadeiro para aquela paisagem considerada enquanto conceito abstrato, passa também a ser verdadeiro para aquela porção delimitada do território que nos propomos a estudar e que tem a sua dimensão atrelada a uma escala concreta. Pois bem, mesmo para esta paisagem "real", é impossível condicionar a análise das variáveis a uma única escala determinada. A intensidade dos processos e a natureza dos agentes nos impõem, muitas vezes, a necessidade de uma redução ou ampliação da escala, a fim de que possamos perceber a real dimensão que aquela variável assume no contexto dos processos.

especialmente no que diz respeito às fontes consumidoras da madeira (lenheiras e olarias).

- Criar leis municipais no sentido de estimular os produtores rurais a iniciar um reflorestamento com espécies nativas ao longo das margens dos cursos d' água.
- Realizar estudos mais criteriosos a fim de identificar a real situação dos cursos d' água e das Formações Vegetais, divulgando amplamente os resultados por meio de uma campanha que esteja ligada a um projeto de educação ambiental, nas escolas e meios de comunicação.
- Criar mecanismos que favoreçam a comercialização de excedentes por parte dos pequenos produtores.
- Estimular a criação de uma cooperativa rural que promova uma socialização de máquinas e assistência técnica para os pequenos produtores, além de favorecer o comércio e a industrialização dos produtos de subsistência.
- Intensificar a fiscalização sobre as áreas de extração de areia e argila, no sentido do cumprimento dos projetos de recuperação das áreas degradadas.
- Estabelecer um monitoramento sistemático do processo erosivo em diferentes pontos da bacia, a fim de obter um melhor conhecimento da dinâmica dos sedimentos na área em questão, de forma que o mesmo possa ser útil na identificação das formas adequadas de uso e manejo do solo.

#### No Geossistema Urbano :

- Criar mecanismos que visem a uma redução progressiva da ocupação das áreas de encosta.
- Transformar, por meio de Lei municipal, as áreas correspondentes à Geofácies Urbana de Morros-testemunho, em Áreas de Proteção Permanente, a fim de salvaguardar os exemplares de flora e fauna que ainda restam neste local.
- Estimular o plantio de espécies frutíferas e nativas ao longo de toda a área correspondente à Geofácies Urbana Consolidada. Esta simples atitude seria fundamental para a melhoria do conforto urbano nas áreas mais adensadas.
- Promover um projeto urgente de saneamento da bacia do Cadena, incluindo a realocação de uma parcela da população ribeirinha mais ameaçada pelos desmoronamentos e alagamentos.



- Criar leis de regulamentação do uso do solo sobre as áreas da Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas, a fim de resguardar os pontos de recarga do aquífero. Esta regulamentação poderia incluir, até mesmo, construção de parques esportivos e de lazer em pontos da área periférica da cidade.

- Controle adequado das áreas de deposição de lixo, incluindo os depósitos clandestinos que se distribuem por diferentes pontos da área urbana.

- Completo mapeamento das áreas de ravinas e vossorocas em formação na periferia da cidade, associado a um plano de estabilização das primeiras e proteção das segundas<sup>4</sup>.

Atitudes como estas, expostas acima, demandam três condições fundamentais para que possam ser efetivadas : conhecimento, capacitação técnica e vontade política. As duas primeiras incluem a participação de profissionais da própria Universidade que estão capacitados a contribuir com o setor público, atuando no sentido de dar uma resposta à sociedade que os mantém.

A terceira condição, porém, parece ser a mais difícil de ser resolvida, já que a ausência de uma diretriz política comprometida com a melhoria da qualidade ambiental torna os Poderes Executivo e Legislativo sujeitos de um processo contraditório que visa apenas a atender os interesses políticos mais diretos, não raras vezes alicerçados em julgamentos precipitados ou comprometidos de técnicos de duvidosa competência. Segundo comenta MACEDO (1994) :

Quando as políticas não estão definidas, e mesmo quando estão documentadas mas não apresentam a necessária consistência, elas são normalmente expressas pela ideologia predominante, onde muitas vezes os dogmas sobrepujam os valores e as necessidades sociais mais prementes. Surge assim a tríade de onde emergem as propostas de ocupação e uso do solo : o Homem, a sua Política e a Economia dela derivada, que, por seu turno, retorna ao Homem, redirigindo-o. (p.69)

Face ao que foi exposto até o momento, as principais conclusões levantadas ao longo do trabalho podem ser sistematizadas nos seguintes pontos :

---

<sup>4</sup> Geomorfologicamente, os pontos de afloramento do lençol freático são o início da formação de um novo curso d'água e, portanto, devem ser preservados.



### **1 - Quanto ao uso da teoria sistêmica :**

Estamos cada vez mais convencidos de que o conhecimento da paisagem, no seu conjunto, só é possível através da análise sistêmica, mais especificamente através da proposta geossistêmica formulada por BERTRAND (1972). É justamente a interação entre as diferentes variáveis que desencadeia os processos que vão, por sua vez, moldar a estrutura da paisagem ao mesmo tempo que são por ela influenciados.

Além de propiciar a superação da dicotomia sociedade/natureza, a teoria sistêmica aproxima a análise teórica da realidade concreta de estudo, já que reproduz os princípios básicos de relacionamento entre as variáveis envolvidas na conformação da paisagem.

Ressalta-se, no entanto, que a adoção da teoria de bioresistasia de Erhart, proposta por BERTRAND (1972) para a análise da dinâmica dos geossistemas e utilizada por alguns pesquisadores, como PASSOS (1991), não aparece neste trabalho por julgarmos que a mesma contém alguns problemas de ordem conceitual, já assinalados por TRICART (1979-a), que merecem ser melhor discutidos.

Caso fosse feita uma opção pelo tratamento temático em separado de cada uma das variáveis, isto apenas serviria para aprofundar ainda mais o nível de conhecimento disciplinar já existente sobre a área em questão. No entanto, a integração das variáveis exigida pela análise sistêmica foi responsável pela abertura de uma nova perspectiva de estudos, que pode ser progressivamente aprofundada a partir daqui. Espera-se que a nossa contribuição possa representar efetivamente um passo nesta direção.

Se as transformações espaciais da paisagem estão ligadas, como pudemos comprovar, à resposta às entradas diferenciadas de energia, então é somente a partir da modelização da estrutura, das entradas de energia e das transformações, que poderemos chegar a um conhecimento ( para os mais estruturalistas, que assim o desejarem, leia-se “diagnósticos e prognósticos” ) mais aproximado da realidade, o que é, em última instância, o objetivo perseguido pela ciência há mais de um século.

Este é, sem dúvida, o caminho para onde devem convergir os estudos ambientais, ou seja, a análise integrada dos elementos e a tentativa de modelização dos processos. Só assim será possível chegar às respostas de problemas concretos da sociedade, promovendo uma nova fase da Geografia Física Moderna.

## **2 - Quanto ao uso do Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto :**

O geoprocessamento e o sensoriamento remoto mostraram-se ferramentas extremamente úteis e compatíveis com o uso da teoria sistêmica.

O complexo tratamento requerido pela análise da integração das variáveis pode ser facilmente obtido através do geoprocessamento, com espantoso ganho de tempo e de qualidade, já que os SIGs propiciam ao pesquisador o uso de tecnologias cartográficas e matemáticas extremamente avançadas. Não obstante, algumas considerações merecem ser feitas para contribuir com trabalhos posteriores que decidam pelo uso desta tecnologia :

- quanto ao uso do sensoriamento remoto, cabe ressaltar que a disponibilidade de outras bandas espectrais (especialmente as bandas TM1 e TM7), além das três bandas principais disponíveis para este trabalho (TM3, TM4 e TM5), é um recurso extremamente desejável, já que permite ao pesquisador uma análise mais correta de alguns elementos, tais como sedimentos em dissolução e umidade na vegetação. Além disso, é de fundamental importância a escolha correta do período de imageamento, já que muitas vezes, como no presente caso, a época é pouco propícia para a análise de alguns elementos, como por exemplo, áreas de cultivo. Ainda, quando disponível, é desejável a utilização de imagens de dois períodos distintos, o que favorece a identificação das transformações do uso do solo ao longo do ano. Infelizmente, sabemos que estas possibilidades, apesar de necessárias, nem sempre estão disponíveis com esta facilidade;

- quanto à confecção do mapa de uso do solo para áreas que sejam relativamente pequenas e de fácil acesso, recomenda-se a opção pela interpretação visual da imagem, a qual permite obter resultados superiores aos alcançados com a classificação automática. Esta mesma recomendação é feita por ROSA (1995), ao afirmar que “a extração de temas para a confecção dos mapas temáticos deve ser feita utilizando-se de técnicas de interpretação visual de imagens, uma vez que os algoritmos de classificação ora disponíveis e implementados nos softwares não oferecem bons resultados” (p.197).

- as deficiências decorrentes das limitações apresentadas pelas imagens disponíveis podem, em parte, ser corrigidas pelo apoio da fotointerpretação. Nestes

casos, pode-se até mesmo promover uma atualização das fotografias aéreas a partir das imagens de satélite. No presente caso, no entanto, tentou-se compensar a pouca disponibilidade deste instrumental com um controle de campo mais intenso, embora tenhamos que admitir que tal alternativa apresentou algumas limitações;

- a compatibilidade entre CAD e SIG parece ser um problema ainda não resolvido completamente, ao menos para os programas utilizados. Acaba-se tendo que lançar mão de malabarismos que envolvem, na maior parte das vezes, uma migração infundável entre softwares gráficos dos mais variados. Na falta de um suporte técnico mais consistente (já que a maior parte das pessoas ainda está "tateando") tais procedimentos se tornam extremamente penosos. Quando se associa a tais dificuldades a natureza da análise ambiental (cuja complexidade independe dos instrumentos utilizados), o problema se torna ainda mais grave.

- O domínio das rotinas mínimas que envolvem o uso dos softwares é condição necessária para quem resolva se utilizar desta ferramenta. Portanto, qualquer investimento preliminar que se faça, no sentido de estabelecer fundações concretas para o aporte metodológico, não será desperdiçado. Aliás, é imprescindível que o tempo dispensado para o aprendizado e manuseio dos programas seja contabilizado no planejamento da dissertação. Isto, a menos que se possa contar com o apoio de técnicos capacitados para realizar a parte "braçal"; mas que, diante da nossa realidade de trabalho, parece ser uma oportunidade à qual nem todos têm acesso, ao menos não da mesma forma;

- um dos problemas pouco comentados na bibliografia a que se teve acesso, refere-se às distorções que ocorrem entre o produto final que é apresentado na tela do computador e a sua passagem para o papel, através da impressão. Este não é, seguramente, um problema "secundário". A alta capacidade de definição das telas de computador, associada à possibilidade de uma rápida transformação de escala através do controle de zoom, não condiz com a, ainda, limitada resolução de impressoras de jato de tinta. Especialmente, no caso do programa IDRISI, o controle de impressão é uma característica que deixa a desejar. Ainda resta o recurso aos plotters mas, neste caso, a transformação da estrutura dos arquivos de forma a torná-los compatíveis não é tarefa das mais simples, quando não impossível;

- o geoprocessamento oferece, ainda, muitas outras oportunidades que não foram exploradas neste trabalho, principalmente no que diz respeito ao uso de banco de dados e Operadores de Contexto. A sua introdução em trabalhos posteriores poderá contribuir enormemente para o aumento da capacidade de análise e para a introdução de novas variáveis que não foram aqui abordadas.

### **3 - Quanto aos resultados obtidos :**

Muito embora não possa ser encarado como uma receita milagrosa, o presente trabalho tem o mérito de apresentar uma alternativa viável ao estudo da paisagem. Parte-se do processo de ocupação, passando pelo estudo das variáveis temáticas que estruturam a paisagem, até chegar na integração das variáveis por meio do zoneamento e, por fim, procedendo uma análise integrada da dinâmica das Unidades identificadas.

Um melhoramento dos resultados obtidos poderia ser feito através :

- de uma mapa de uso do solo mais detalhado, elaborado com base na associação entre a fotointerpretação e a interpretação visual da imagem, apoiados por um amplo controle de campo;
- do uso de , no mínimo, duas imagens de satélite bem contrastadas, a fim de melhor avaliar as transformações da paisagem ao longo do ano. Neste caso, os períodos mais indicados seriam os meses de janeiro ou fevereiro e julho ou agosto.
- da utilização de um maior número de variáveis temáticas, como uma carta mais detalhada de aptidão dos solos, carta geotécnica, carta de erosividade e erodibilidade dos solos, carta de ventos e carta de insolação.
- de um estudo mais detalhado das características da vegetação, produzindo um cartograma separado onde fosse possível a identificação das principais espécies e sua respectiva dinâmica.
- da utilização de alguns dados de análise de água, que permitissem a identificação de alguns pontos críticos de contaminação.
- da coleta de dados relativos à dinâmica dos sedimentos e ao comportamento das variáveis atmosféricas no centro da zona urbana.

- de um levantamento mais exaustivo de trabalhos publicados com referência ao comportamento dos indicadores da dinâmica populacional e de capitais, na área de estudo.
- de uma análise mais detalhada da legislação municipal, a fim de identificar os principais pontos de omissão no que se refere aos processos de degradação ambiental, sugerindo indicações concretas para solucionar estes problemas.
- da determinação das características de vulnerabilidade e Capacidade Suporte para cada uma das Unidades Ambientais identificadas.
- da elaboração de um mapa de Legislação Ambiental mais detalhado que, considerando os aspectos abrangidos por outras Leis (como a proteção de áreas com alta declividade e a proteção de áreas de morro), além da proteção das matas-galeria e nascentes já tratadas neste trabalho, pudesse dar uma visão mais precisa das áreas protegidas dentro da sub-bacia.

Contudo, os resultados obtidos permitiram a proposição de um modelo explicativo experimental, que poderá servir como ponto de partida para futuras investigações na sub-bacia dos arroios Picadinho e Passo das Tropas, ou mesmo para ser extrapolado para áreas adjacentes que apresentem semelhante comportamento.

## BIBLIOGRAFIA

- A RAZÃO. Existe projeto para salvar o arroio Cadena. Santa Maria, 08-06-1990, p.25.
- ABAD, C.D. Algunas relaciones entre la geomorfología y la vegetación en la región morfoclimática equatorial. Notícia Geomorfológica, Campinas, (34) : 85 - 93, 1977.
- AB'SABER, A.N. Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia. Questões de escala e método. Estudos Avançados, São Paulo, 3(5) : 4 - 20, 1989.
- ADAMI, R.M. Zoneamento ecológico da bacia de drenagem do rio Itajaí-Açu (SC), por intermédio da aplicação dos programas MULVA e CPTI. Florianópolis: UFSC, 1995. 153 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- AJARA, C. A abordagem geográfica : suas possibilidades no tratamento da questão ambiental. In : IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia e questão ambiental. Rio de Janeiro : IBGE, 1993. p. 9 - 11.
- ALIATA, F. , SILVESTRI, G. El paisaje en el arte y las ciencias humanas. Buenos Aires : Centro Editor de América Latina, 1994. 182 p.
- ALVES, D.S. Sistemas de Informação Geográfica. In : SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1990, São Paulo. Anais... São Paulo : Escola Politécnica / USP, 1990. p. 66 - 78.
- ARGENTO, M.S.F. A abordagem sistêmica aplicada à planície deltáica do Paraíba do Sul. Geografia, Rio Claro, 9 (17-18) : 115 - 133, 1984.
- ARGENTO, M.S.F., MARQUES, J.S. Aplicação de sistemas de informações em projetos de gerenciamento ambiental. Geociências, Rio de Janeiro, (7) : 1 - 20, 1988.

- ARGENTO, M.S.F., CRUZ, C.B.M. Mapeamento geomorfológico. In : CUNHA, S.B., GUERRA, A.J.T. (org.). Geomorfologia. Exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 1996. p. 265 - 282.
- ASSAD, M.L.P. Sistema de informações geográficas na avaliação de aptidão agrícola de terras. In : ASSAD, E.D., SANO, E.E. Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura. Brasília : EMBRAPA, 1993. p. 171 -199.
- AVERY, T.E., BERLIN, G.L. Fundamentals of remote sensing and airphoto interpretation. New York : Macmillan Publishing Company, 1992. 472 p.
- BAHIA - Centro de Estudos e Informações (CEI). Qualidade ambiental na Bahia. Salvador : SEPLANTEC, 1987. 48 p.
- BAILLY, A. , RAFFESTIN, C. , REYMOND, H. Les concepts du paysage: problématique et représentations. L'Espace Géographique. Paris, (4) : 277 - 286, 1980.
- BELÉM, J. História do município de Santa Maria. 1797-1933. Reedição. Santa Maria : UFSM, 1989. 279 p.
- BELTRAME, A.V. Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas. Modelo e aplicação. Florianópolis : UFSC, 1994. 111 p.
- BERNARDES, N. Bases geográficas do povoamento do estado do Rio Grande do Sul. Boletim Geográfico , Rio de Janeiro , (171) : 587 - 620, 1962.
- BERNARDES, S.A.C., LOPES, C.T., MÜLLER, I.L. Espaços rurais de emancipação recente. In : ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 9, 1988, Florianópolis. Anais ... Florianópolis : UFSC, 1988. p. 128 - 143.
- BEROUTCHACHVILI, N. , BERTRAND, G. Le géosystème ou "Système territorial naturel". Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse, 49(2) : 167 - 180, 1978.
- BEROUTCHACHVILI, N., RADVANYI, J. Les structures verticales des géosystèmes. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse, 49(2) : 181 - 198, 1978.

- BERTALANFFY, L. V. Teoria geral dos sistemas. Petrópolis : Vozes, 1973. 351 p.
- BERTRAND, G. Pour une étude géographique de la végétation. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest. Toulouse , (XXXVII) : 129 - 145, 1966.
- \_\_\_\_\_. Paisagem e geografia física global. Caderno de ciências da terra, 13. São Paulo , 1972-a. 27 p.
- \_\_\_\_\_. La science du paysage, une science diagonale. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse, (XLIII) : 127 - 133, 1972-b.
- BERTRAND, G. ,DOLFFUS, O. Le paysage et son concept. L'Espace Géographique, Paris, (3) : 161 - 164, 1973.
- BERTRAND, G. et al. Pour une histoire écologique de la France rurale. In: Histoire de la France rurale. Paris : Seuil, 1975. p. 35 - 113
- BERTRAND, G. L'élément et le système. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse, 57(3) : 281 - 290, 1986.
- BERTRAND, G., BERTRAND, C. La végétation dans le géosystème. Phytogéographie des montagnes cantabriques centrales (Espagne). Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse, 57(3) : 291 - 312, 1986.
- BIGARELLA, J.J. , BECKER, R.D., PASSOS, E. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Vol 2. Florianópolis : UFSC, 1996. p. 434 - 875.
- BOBEK, H., SCHMITHÜSEN, J. El paisaje en el sistema logico de la geografia. In: MENDOZA, J.G., JIMENEZ, J.M.; CANTERO, N. El pensamiento geográfico: estudio interpretativo y antología de textos ( de Humboldt a las tendencias radicales). Madrid : Alianza Editorial, 1982. p. 330 - 335.
- BOLÓS y CAPDEVILA, M. de (org.). Manual del ciencia dei paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones . Barcelona : Masson, 1992. 273 p.
- BORDALO, C.A.L. Gestão ambiental por bacias hidrográficas : manejo ambiental da micro-bacia hidrográfica do Igarapé Murutucum - PA . In: SIMPÓSIO DE



- GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6, 1995, Goiânia. Anais... Goiânia : UFGO, 1995, p. 409 - 512.
- BORTOLUZZI, C.A. Contribuição à geologia da região de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Porto Alegre : UFRGS, 1971. 162 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1971.
- BRANCO, S. M. Ecosistêmica. Uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente. São Paulo : Edgard Blücher, 1989. 141 p.
- BRITO, J.L.S. , ROSA, R. Introdução aos sistemas de informação geográfica. Sociedade & Natureza, 6 (11 - 12) : 61 - 78, 1994.
- BRUCKER, M. Avaliação temporal do uso da terra na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena e Passo das Tropas. Santa Maria : UFSM, 1989. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, 1989.
- BRUNEAU, M. Deux approches d'une cartographie de l'environnement dans les pays tropicaux. In : SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA CARTOGRAPHIE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE SA DYNAMIQUE, 1980, Caen (França). Anais... Caen : União Geográfica Internacional (UGI), 1980. p. 263 - 281 .
- BUÉ, A. Paysage et anthropoclimax. Heródote, Paris, (44) : 141 - 149, 1987.
- BURROUGH, P.A. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Oxford : Clarendon Press, 1986. 483 p.
- CALIJURI, M.L., RÓHM, S.A. Sistemas de informações geográficas. Viçosa: UFV, 1994. 34 p.
- CÂMARA, G. Anatomia de sistemas de informações geográficas : visão atual e perspectivas de evolução. In : ASSAD, E.D., SANO, E.E. Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura. Brasília : EMBRAPA, 1993. p. 15 - 37.
- CAPEL, H. Filosofía y ciencia en la geografía contemporánea. Barcelona: Barcanova, 1981. 509 p.
- CARVALHO, M. de. O que é natureza. São Paulo : Brasiliense, 1991. 85 p. (coleção Primeiros Passos, 243 ).

- CASSETI, V. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo : Contexto, 1991. 147 p.
- CASSOL, R. Zoneamento ambiental elaborado com variáveis otimizadas estatisticamente geradas por técnicas cartográficas. São Paulo : USP, 1996. 204 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo , 1996.
- CASTILLERO, A.C. Uso da terra por fotografias aéreas no município de Santa Maria - RS. Santa Maria : UFSM, 1984. 47p. Monografia (Especialização em Sensoriamento Remoto e Imagens Orbitais e Sub-orbitais) - Universidade Federal de Santa Maria , 1984.
- CASTRO, I.E. de. Das dificuldades de pensar as escalas geográficas dos fenômenos. In : Colóquio O Discurso Geográfico na Aurora do Século XXI. Florianópolis : UFSC, 1996. 10 p. (mimeogr.).
- CAUQUELIN, A. Le paysage et son dessein. In : BAILLY, A., SCARIATI, R. L'humanisme en geographie. Paris : Anthropos, 1990. p. 101 - 109.
- CERVO, A.L., BERVIAN, P.A. Metodologia científica. 3.ed. São Paulo : McGraw-Hill, 1983. 249 p.
- CHOLLEY, A. Morphologie structurale et morphologie climatique. Annales de Géographie, Paris, LXIV (317) : 321 - 325, 1950.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2.ed. São Paulo : Edgard Blucher, 1980. 185 p.
- \_\_\_\_\_. Geografia física. Boletim de Geografia Teorética, Rio Claro, 11(21 - 22) : 5 - 18, 1981.
- COLLISCHONN, E. As marcas sem retorno da paisagem . Florianópolis : UFSC, 1995. 26 p. (mimeogr.)
- COLLISCHONN, E. et al. Mapeamento do uso do solo do município de Gravatal (SC) com a utilização do geoprocessamento. Florianópolis : UFSC, 1996. 68 p. (mimeogr.)
- CROSTA, A.P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas : UNICAMP, 1992. 170 p.

- CRUZ, O. A geografia física, o geossistema, a paisagem e o estudo dos processos geomórficos. Boletim de Geografia Teorética, Rio Claro, 15 (29 - 30) : 53 - 62, 1985.
- CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA. Sugestões para elaboração e apresentação de projeto e dissertação de mestrado. Florianópolis: UFSC, 1996. 33 p. (mimeogr.).
- D'AGOSTINI, L.R., SCHLINDWEIN, S.L. Dialética da avaliação do uso e manejo das terras. Da classificação interpretativa a um indicador de sustentabilidade. Florianópolis : UFSC, 1996. 98 p. (no prelo)
- DE BIASI, M. Carta de declividade de vertentes : confecção e utilização. Geomorfologia, São Paulo, (21) : 8 - 19, 1970.
- \_\_\_\_\_ A carta clinográfica : Os métodos de representação e sua confecção. Geografia, São Paulo, (6) : 45 - 53, 1992.
- DOUGUÉDROIT, A., SAINTIGNON, M.F. Méthode d'étude de la décroissance des températures en montagne de latitude moyenne : exemple des Alpes françaises du sud. Revue de Géographie Alpine, Grenoble, 1(1) : 23 - 42, 1973.
- DUARTE, P.A. Cartografia básica. Florianópolis : UFSC, 1988. 182 p.
- EASTMAN, J.R. IDRISI for Windows. User's guide. Worcester : Clark University, 1995. 178 p.
- EBERLE, M. O indivíduo como fator constitutivo da paisagem. In : Individuum und Landschaft. Cap. 3 . Giessen : Anabas - Verlag, 1980. Tradução de : Das Individuum als Konstitutiver Faktor der Landschaft. (mimeogr.). 5 p.
- ENGELS, F. A dialética da natureza. 5. ed. Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1991. 238 p.
- ERHART, H. Biostasie et rhexistasie : esquisse d'une théorie sur le rôle de pedogenese en tant que phénomène géologique. C.R.Séanc.Acad. Sci. Paris, (241) : 1218 - 20, 1955.
- ETTER, A. Caracterización ecológica general y de la intervención humana en la amazônia colombiana. Bogotá : [s.n.], 199\_ . p. 27 - 67.

- FARIAS, G.L., LIMA, M.C. Coletânea de legislação ambiental federal e estadual. 2.ed. Curitiba : Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente do Paraná, 1991. 536 p.
- FARIAS, J.A.C. et al. Estrutura fitossociológica de uma Floresta Estacional Decidual na região de Santa Maria - RS. Ciência Florestal, Santa Maria, 4(1): 109 - 128, 1994.
- FERIGOLO, E., VALMERATE, M.M.S., SARTORI, M.G.B. As chuvas no Rio Grande do Sul e a explicação genética dos episódios de secas e enchentes no período de junho de 1979 a maio de 1985. Geografia - Ensino & Pesquisa, Santa Maria , (1) : 39 - 68, 1987.
- FERREIRA, A.B.H. Novo dicionário Aurélio. Rio de Janeiro : Nova Fronteira, 1986. 1838 p.
- FERREIRA, M.C. Modelagem cartográfica aplicada a mapeamentos de suscetibilidade a danos ambientais : um ensaio no SIG Idrisi. Geociências, São Paulo, 15(2) : 485 - 502, 1996.
- FOCHLER-HAUKE, G. Corologia geográfica. El paisaje como objeto de la geografía regional. Tucumán : Universidad Nacional de Tucumán, 1983. 196 p.
- GAMA, A.M.R.C. Diagnóstico ambiental do município de Santo Amaro da Imperatriz - SC : uma abordagem integrada. Florianópolis : UFSC, 1997. 52 p. (projeto de qualificação).
- GASPARETTO, N.V.L. et al. Mapa geológico da folha de Santa Maria. Santa Maria: UFSM, 1988.
- GEIGER, R. Manual de microclimatologia. O clima da camada de ar junto ao solo. Lisboa : Calouste Gulbenkian, 1980. 598 p.
- GIRON, L.S. A imigração italiana no RS : fatores determinantes. In : DACANAL, J.H. (org.) et al. RS : imigração & colonização. Porto Alegre : Mercado Aberto, 1992. p. 47 - 66.
- GONÇALVES, C.W.P. Formação sócio-espacial e questão ambiental no Brasil. In: BECKER, B.K. (org.) et al. Geografia e meio ambiente no Brasil. São Paulo /

Rio de Janeiro : Hucitec / Comissão Nacional do Brasil da UGI, 1995. p. 309 - 333.

Geografia e interdisciplinaridade : as lutas pelo poder de (di) visão.

In : Colóquio O Discurso Geográfico na Aurora do Século XXI. Florianópolis : UFSC, 1996. 27 p. (mimeogr.).

GONZÁLEZ, L. La utilización del enfoque geossistémico en la investigación geográfica del medio ambiente cubano. Havana : Editorial Academia, 1991. 23p.

GRAÇA, L.M. de A. O uso de "Scanners" para a digitalização de cartas topográficas e para a implantação de um sistema de Geo-informações urbanas. In : SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1990, São Paulo. Anais... São Paulo : Escola Politécnica / USP, 1990. p. 109 - 121.

GRASSI, F.D. Direito ambiental aplicado. Frederico Westphalen : URI, 1995. 387p.

HARVEY, D. Explanation in Geography. Londres : Edward Arnold, 1969. 543 p.

HARVEY, D. Condição pós-moderna. São Paulo : Loyola, 1993. 349 p.

HOBBSAWM, E.J. A era das revoluções. 1789-1848. 9.ed. Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1994. 366 p.

HUMBOLDT, A.V. Cosmos : ensayo de una descripción física del mundo. In: MENDOZA, J. G., JIMÉNEZ, J.M., CANTERO, N. El pensamiento geográfico: estudio interpretativo y antología de textos ( de Humboldt a las tendencias radicales). Madrid : Alianza Editorial, 1982. p. 159 - 167.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Termos de referência para uma proposta de zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil. Rio de Janeiro : IBGE, 1986. 87 p.

Levantamento de Recursos Naturais. Projeto RADAMBRASIL, 33.

Rio de Janeiro : IBGE, 1986. 796 p.

Geografia do Brasil, Vol.2 - Região Sul. Rio de Janeiro : IBGE,

1990. 420 p.

- \_\_\_\_\_. Diagnóstico da qualidade ambiental da bacia do rio São Francisco. Sub-bacias do oeste baiano e Sobradinho. Rio de Janeiro : IBGE, 1994. 11p. (Série Estudos e pesquisas em Geociências, 2).
- \_\_\_\_\_. Sinopse do censo demográfico de 1991. Santa Maria : IBGE, 1996. 35 p. (mimeogr.)
- IMA - INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE & GTZ - DEUTSCHEGESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT. Zoneamento ambiental da APA de Santa Rita e Reserva Ecológica do Saco da Pedra. Vol.I. Maceió : IMA, 1993, 58 p. (mimeogr.)
- IPAGRO - INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Atlas agroclimático do estado do Rio Grande do Sul. 3 vol. Porto Alegre: IPAGRO, 1989. 230 p. (vol.2).
- JOLLIVET, M., PAVÉ, A. O meio ambiente : questões e perspectivas para a pesquisa. In : VIEIRA, P.F., WEBER, J.(org.). Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento. Novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo : CORTEZ, 1997. p. 53 - 112.
- JOURNAUX, A. Presentation des cartes de l'environnement de Basse-Normandie: réalisations actuelles; Premiers resultats de la teledetection. In : SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA CARTOGRAPHIE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE SA DYNAMIQUE, 1980, Caen (França). Anais... Caen : União Geográfica Internacional (UGI), 1980. p. 11 - 21.
- KLINK, H. J. Geoecologia e regionalização natural. Tradução de Carlos A. de F. Monteiro. São Paulo : USP, 1981. 28 p. Tradução a partir da versão inglesa. Original alemão. (mimeogr.).
- KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas . 3.ed. São Paulo: Perspectiva, 1994. 257 p.
- LACOSTE, Y. Paisages en action. Hérodote , Paris, ( 44 ) : 106 - 125, 1987.
- \_\_\_\_\_. A geografia - isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra. 2.ed. Campinas : Papirus, 1989. 263 p.

- LAGO, P.F. A consciência ecológica. A luta pelo futuro. Florianópolis : UFSC, 1991. 232 p.
- LANDO, A.M., BARROS, E.C. Capitalismo e colonização - os alemães no Rio Grande do Sul. In : DACANAL, J.H. (org.) et al. RS : Imigração & colonização. Porto Alegre : Mercado Aberto, 1992. p. 9 - 46.
- LANNA, A.E. Instrumentos de gestão ambiental : métodos de gerenciamento de bacia hidrográfica. Brasília : IBAMA, 1994. 164 p. ( mimeogr.).
- LECOEUR, C. Le paysage comme cadre physique. Hérodote, Paris, (44) : 45 - 50, 1987.
- LEIS, H.R. As "éticas" do ambientalismo. Ciência & Ambiente. Santa Maria, 12 : 57 - 64, 1996.
- LEITE, M.A.F.P. Destruição ou desconstrução ? São Paulo : Hucitec, 1994. 117p.
- LENOBLE, R. História da ideia de natureza. Lisboa : Edições 70, 1990. 367 p.
- LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. Métodos em Questão, 1, São Paulo, 1971. 23 p.
- LINDMAN, C.A.M., FERRI, M.G. A vegetação no Rio Grande do Sul. Belo Horizonte / São Paulo : Itatiaia / EDUSP, 1974. 383 p.
- MACEDO, R.K. Gestão ambiental. Os instrumentos básicos para a gestão ambiental de territórios e de unidades produtivas. Rio de Janeiro : ABES, 1994. 284 p.
- MACHADO, P.A.L. Direito ambiental brasileiro. 5.ed. São Paulo : Malheiros, 1995. 696 p.
- MACIEL FILHO, C. L. Uma proposta para evitar a poluição por lixo e esgoto doméstico. Ciência e Natura, Santa Maria, (10) : 49 - 58, 1988.
- MACIEL FILHO, C. L. et al. Mapa de formações superficiais e solos do município de Santa Maria. Santa Maria : UFSM, 1989. (mimeogr.)
- \_\_\_\_\_ Carta geotécnica de Santa Maria. Santa Maria : UFSM, 1990. 20p.

- MARQUES, J.S., ARGENTO, M.S.F., PEREIRA, M.L.F. Unidades de manejo ambiental no norte fluminense. Geografia, São Paulo, 8 ( 15 - 16 ) : 29 - 73, 1983.
- MARTINELLI, M. Cartografia ambiental : que cartografia é essa ? In : SOUZA, M.A.A. de (org.) et al. Natureza e sociedade de hoje : uma leitura geográfica. São Paulo : Hucitec / ANPUR, 1994. p. 232 - 242.
- MATEO RODRIGUEZ, J.M. et al. Análise da paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental : Corumbataí (SP). Rio Claro : UNESP, 1994. 49 p. (mimeogr.)
- MAYA, A.A. La ocupación social del espacio. Historia y medio ambiente. In : THUMSER, G. et al. Sistemas ambientales. Planificación y desarrollo. Cidade do México : SIAP / PLASA, 1987. p. 13 - 26.
- MAYSTRE, Y. Le concept d'environnement et sa dynamique cartographique. In : SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA CARTOGRAPHIE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE SA DYNAMIQUE, 1980, Caen (França). Anais ... Caen : União Geográfica Internacional (UGI), 1980. p. 109 - 119.
- MEDEIROS, E.R. Estratigrafia do Grupo São Bento na região de Santa Maria e Paleocorrentes da Formação Botucatu. Porto Alegre : UFRGS, 1980. 135 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980.
- MIRANDA, E.E. Geoprocessamento em análise ambiental : a experiência da EMBRAPA. In : SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1990, São Paulo. Anais... São Paulo : Escola Politécnica / USP, 1990. p. 130 - 143.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMZÔNIA LEGAL . Os ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de desenvolvimento : subsídios ao planejamento da gestão ambiental. Brasília : MMA, 1995. 108 p.
- MONTEIRO, C.A.de F. The environmental quality in the Ribeirão Preto région, SP: an attempt. São Paulo : USP, 1982. 30 p. (mimeogr.).



- MONTEIRO, C.A.de F. Geossistemas. A estória de uma procura. Florianópolis: UFSC, 1995. 141 p. (mimeogr.)
- MORAES, A.C.R. Meio ambiente e ciências humanas. São Paulo : Hucitec, 1994. 100 p.
- MOTTI, P., MOTTI, V.P. O estudo integrado do meio natural : o mapa dos geossistemas da área de Santa Quitéria - BA. Quadrícula de Ibitiara. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1973, Aracaju. Anais ... Aracaju : SBG, 1973. p. 386 - 392.
- MOURA, E.A., MELLO, S.M.Z. Diagnose sócio-econômica e análise dos equipamentos urbanos da COHAB Santa Marta, bairro Juscelino Kubitschek, Santa Maria, RS. Santa Maria : UFSM, 1994. 32 p. (mimeogr.)
- NEVES, E., TOSTES, A. Meio ambiente. Aplicando a Lei. Petrópolis : Vozes / CECIP, 1992. 79 p.
- NOGUEIRA, R.N. Modelamento matemático em Sistemas de Informações Geográficas aplicado ao levantamento preliminar de solos. Pelotas : UFPel, 1996. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, 1996.
- NOVO, E.L.M. Sensoriamento remoto - princípios e aplicações. São Paulo : Edgard Blücher, 1989. 308 p.
- O GEOSSISTEMA. Florianópolis : [s.n.], 199\_. 17 p.( mimeogr.)
- ORELLANA, M.M.P. Os campos de ação da geografia física. Boletim de Geografia Teórica, Rio Claro, 15 ( 29 - 31 ) : 29 - 32, 1985.
- \_\_\_\_\_. Metodologia integrada no estudo do meio ambiente. Geografia, São Paulo, 10 (20) : 125 - 148, 1985a.
- ORTIZ, E. Moradores do Salgado Filho sofrem com poluição do Cadena. A Razão, Santa Maria, 17 / 18-6-95, p. 9.
- PAREDES, E.A. Sistema de Informações Geográficas. Princípios e aplicações (geoprocessamento). São Paulo : Érika, 1994. 680 p.
- PASSARGE, S. Geomorfologia. Barcelona : Labor, 1931. 181 p.

- PASSOS, M.M. Unidades básicas e dinâmica atual da paisagem no Pontal do Paranapanema. Geografia, São Paulo, (10) : 51 - 73, 1991.
- \_\_\_\_\_. Fundamentos de teledeteção. Presidente Prudente : UNESP, 1996. 16 p. (mimeogr.).
- PASSOS, M.M. dos, UGIDOS, M.A.L. Estudo biogeográfico da vegetação - as pirâmides. Sudoeste do Mato Grosso. Presidente Prudente : UNESP, 1996. 31 p. (mimeogr.).
- PEREIRA, M. E. M. A indução para o conhecimento e o conhecimento para a vida prática : Francis Bacon . In : ANDERY, M. A. et al. Para compreender a ciência. 5.ed. Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1994. p. 190 - 197.
- PEREIRA, P.R.B., GARCIA NETTO, L. da R., BORIN, C.J.A. Contribuição à geografia física do município de Santa Maria : compartimentação geomorfológica. Santa Maria : UFSM, 1985. 85 p. (mimeogr.).
- PINTO, M.L.C. Caracterização dos impactos ambientais da extração de areia e argila na sub-bacia do rio Vacacaí, "o grande", RS. Florianópolis : UFSC, 1995. 208 p. Dissertação ( Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- PLA, M. del T.B. Metodología general de los estudios de paisaje. In : BOLÓS y CAPDEVILA, M. de (org.) Manual de ciencia del paisaje. Teoría, métodos Y aplicaciones. Barcelona : Massom, 1992. p. 123 - 134.
- \_\_\_\_\_. Classificação por dominancia de elementos. In : BOLÓS y CAPDEVILA, M. de (org.). Manual de ciencia del paisaje. Teoría, métodos e aplicaciones. Barcelona : Massom, 1992. p. 69 - 80.
- PORTO, J.L. R., FIGUEIRÓ, A. S., CARVALHO, J. A. L. de. O positivismo nas ciências e na geografia. Florianópolis : UFSC, 1995. 31 p. (mimeogr.).
- PORTO, M.L., GUERRA, T. Zoneamento ambiental do morro Santana, Porto Alegre, RS, Brasil, com vistas à implantação de uma reserva ecológica. Revista de Opinión sobre Medio Ambiente, Montevideu, 1(1) : 61 - 69, 1995.
- PRIGOGINE, I., STENGERS, I. A nova aliança : metamorfose da ciência. Brasília : UNB, 1991. 247 p.

- RAMBO, B. A fisionomia do Rio Grande do Sul. 3.ed. São Leopoldo : UNISINOS, 1994. 478 p.
- RILKE, R. M. Da paisagem. In : Sämtliche Werke . Frankfurt : Insel-Verlag, 1965. p. 516 - 522. Tradução de : Von der Landschaft. Revisão baseada no original por Luciana Martins e Ferdinand Reis. Versão em português de Beto Tibaji a partir da tradução francesa. Original alemão.
- RIMBERT, S. Approches des paysages. L'Espace géographique, Paris, (3) : 233 - 241, 1973.
- RIO GRANDE DO SUL. Macrozoneamento agroecológico e econômico do estado do Rio Grande do Sul. 2 Vol. Porto Alegre : Secretaria da Agricultura e Abastecimento / Centro Nacional de pesquisa do Trigo, 1994. 57 p. (Vol.1).
- ROCHA, J.S.M. Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas. Santa Maria: UFSM, 1991. 82 p. (mimeogr.).
- \_\_\_\_\_. Área de Proteção Ambiental (APA) de Osório, Morro da Borússia. Santa Maria : UFSM, 1995. 188 p. (mimeogr.).
- ROSA, R. O uso de SIG's para o zoneamento : uma abordagem metodológica. 2 vol. São Paulo : USP, 1995. 214 p. (vol.I). Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo , 1995.
- ROSA, R., BRITO, J.L.S. Introdução ao geoprocessamento. Sistema de informação geográfica. Uberlândia : UFU, 1996. 104 p.
- ROSS, J.L.S. Geomorfologia : ambiente e planejamento. São Paulo : Contexto, 1991. 84 p.
- ROSS, J.L.S. et al. Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP. Brasília : Programa Nacional do Meio Ambiente, 1995. 60 p.
- ROUGERIE, G., BEROUTCHACHVILI, N. Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes . Paris : Armand Colin, 1991. 302 p.
- SACHS, I. Estratégias de transição para o século XXI. In : BURSZTYN, M. (org.). Para pensar o desenvolvimento sustentável. 2.ed. São Paulo : Brasiliense, 1994. p. 29-56.

SANTOS, M. 1992 : a redescoberta da natureza. Estudos avançados , São Paulo, 6 ( 14 ) : 95 - 106, 1992.

\_\_\_\_\_ Técnica, espaço e tempo. Globalização e meio técnico-científico informacional. São Paulo : Hucitec, 1994. 190 p.

SARTORI, P.L. et al. Contribuição ao estudo das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná na região de Santa Maria, RS. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 5(3) : 141 - 159, 1975.

SARTORI, M.G.B. O clima de Santa Maria, RS : do regional ao urbano. São Paulo: USP, 1979. 171 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de São Paulo, 1979.

\_\_\_\_\_ Balanço sazonal da participação dos sistemas atmosféricos em 1973, na região de Santa Maria - RS. Ciência e Natura, (2) : 41 - 53, 1980.

\_\_\_\_\_ Distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul e a variabilidade tèmoro-espacial no período 1912 - 1984. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5, 1993, São Paulo. Anais ... São Paulo: USP, 1993. p. 275 - 280.

SCHUBART, H.O.R. O zoneamento ecológico - econômico e o ordenamento territorial : aspectos jurídicos, administrativos e institucional. Manaus: INPA, 1994. 10 p. (mimeogr.).

SEMACE - SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO CEARÁ. Zoneamento ambiental da APA da Serra do Baturité. Diagnóstico e diretrizes. Fortaleza : SEMACE, 1991, 136 p. (mimeogr.).

SERRES, M. O contrato natural. Rio de Janeiro : Nova Fronteira, 1991. 142 p.

SILVA, B.C., SILVA, S.B. de M. Elaboração de projetos de pesquisa em Geografia - uma orientação. Salvador : UFBA, 1988. 39 p.

SILVEIRA, M.L. Escala geográfica : da ação ao império ? In : Colóquio O Discurso Geográfico na Aurora do Século XXI. Florianópolis : UFSC, 1996. 11 p. (mimeogr.).

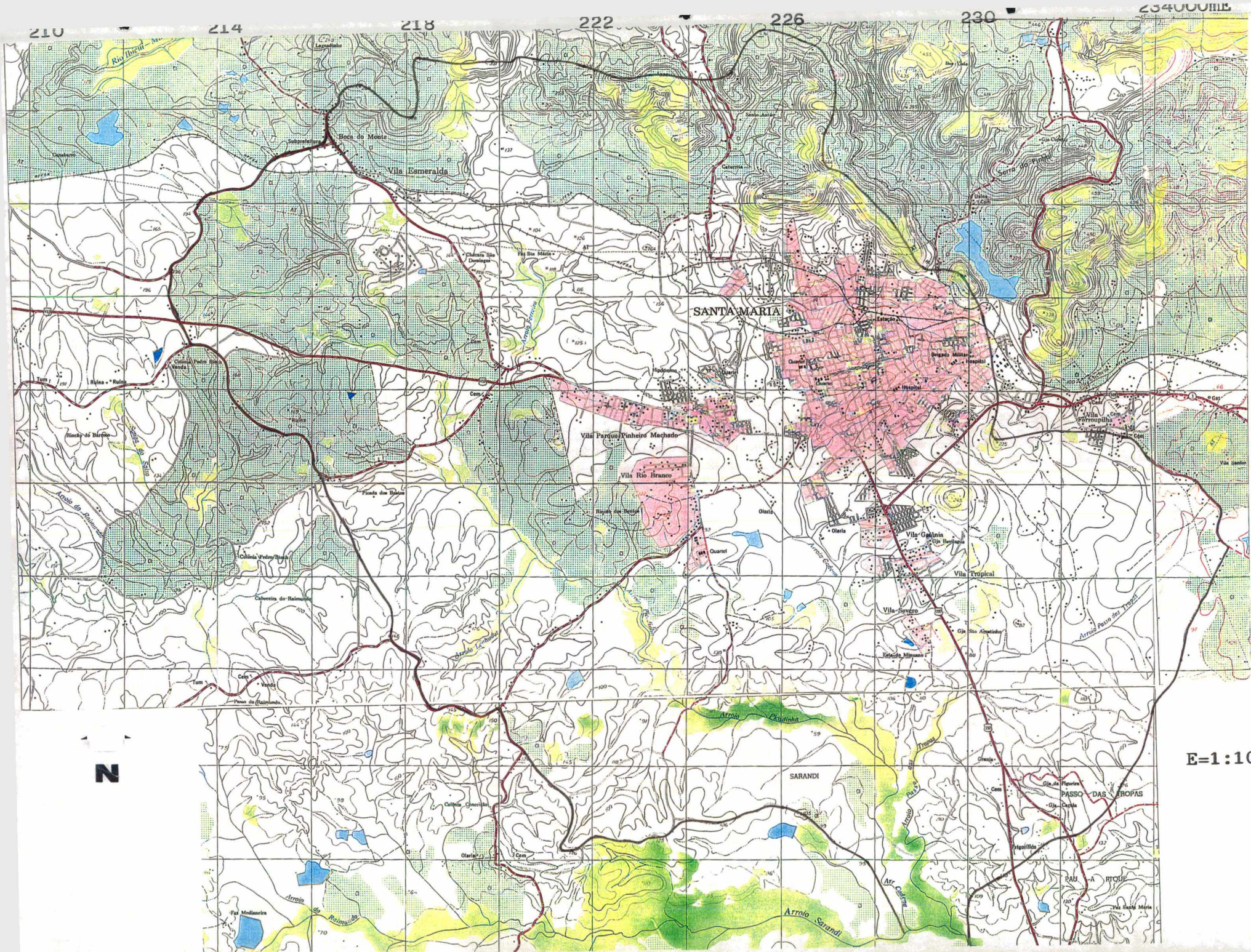
SOTCHAVA, V.B. O estudo de geossistemas. Métodos em questão, 16, São Paulo, 1977. 52 p.

- TAUK-TORNISIELO, S.M. et al. Análise ambiental: os princípios da interdisciplinaridade. In : \_\_\_\_ Análise ambiental. Estratégias e ações. São Paulo : T.A. QUEIROZ, 1995. p. 9 - 12.
- TEIXEIRA, A.L.A. et al. Utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG) no mapeamento do uso do solo - Lagoa da Conceição, Florianópolis / SC. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 15, 1991, São Paulo. Anais... São Paulo : USP, 1991. p. 27 - 35.
- TRICART, J. Principes et méthodes de la géomorphologie. Paris : Masson, 1965.
- \_\_\_\_\_. Ecodinâmica. Rio de Janeiro : SUPREN / IBGE, 1977. 97 p.
- \_\_\_\_\_. L. Paysage et ecologie. Revue de géomorphologie dynamique, XXVIII (3) : 81 - 95, 1979-a.
- \_\_\_\_\_. L'analyse de système et l'étude intégrée du milieu naturel. Annales de Géographie, Paris, (LXXXVIII) : 705 - 714, 1979-b.
- TROLL, C. El paisaje geografico y su investigacion. In: MENDOZA, J.G., JIMENEZ, J.M., CANTERO, N. El pensamiento geográfico : estudio interpretativo y antología de textos (de Humboldt a las tendencias radicales). Madrid : Alianza Editorial, 1982. p. 323 - 329.
- TROPPEMAIR, H. Ecossistemas e geossistemas do estado de São Paulo. Boletim de Geografia Teorética, Rio Claro, 13 (25) : 27 - 36, 1983.
- \_\_\_\_\_. Geomorfologia e ecologia. Boletim de Geografia Teorética, Rio Claro, 20(39) : 33 - 44, 1990.
- UFSM - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA . Proposições para restauração e reurbanização de áreas limítrofes ao arroio Cadena. Análise e diagnóstico da área de estudo. Santa Maria : UFSM, 1996. 151 p. (mimeogr.).
- VALÉRIO FILHO, M. Gerenciamento de bacias hidrográficas com aplicação de técnicas de geoprocessamento. In: TAUK-TORNISIELO, S.M. (org.) et al. Análise ambiental : estratégias e ações. São Paulo : T.A.Queiroz, 1995. p. 135 -140.

- VEADO, R. ad'. Análise ambiental e a qualidade das águas na bacia do rio Urussanga. Florianópolis : UFSC, 1989. 187 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1989.
- VIEIRA, E.F. Rio Grande do Sul. Geografia física e vegetação. Porto Alegre: SAGRA, 1984. 183 p.
- VILÁS, J.R. Análisis y diagnosis. In : BOLÓS y CAPDEVILA, M. de (org.) Manual de ciencia del paisaje. Teoría, métodos e aplicaciones. Barcelona : Masson, 1992. p. 135 - 153.
- XAVIER-DA-SILVA, J., CARVALHO FILHO, L.M. Sistema de informação geográfica : uma proposta metodológica. In : TAUKE-TORNISIELO, S.M.(org.) Análise Ambiental : Estratégias e ações. São Paulo: T.A. Queiroz, 1995. p. 329 - 357.
- WALTER, H. Vegetação e zonas climáticas. Tratado de ecologia global/ São Paulo : EPU, 1986. 326 p.
- WIEBER, M.J.C. Le paysage. Questions pour un bilan. Bull. Assoc. Géogr. Franç., Paris, 1987. Tradução de Messias M. dos Passos. 7p.( mimeogr.).

**ANEXO 1: Carta topográfica da região da sub-bacia dos arroios Picadinho e  
Passo das Tropas**





6718

6714

6710

6706000  
m N

E=1:100000



53° 58'

53° 47'

53° 43'

-29° 40'

-29° 40'

-29° 45'

-29° 45'

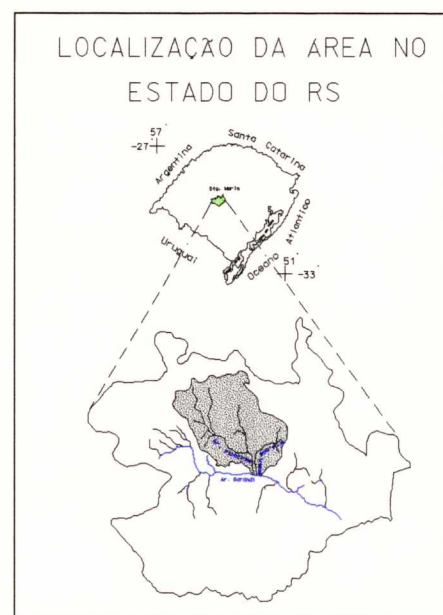
53° 58'

53° 47'

53° 43'

## SUB - BACIA DOS ARROIOS

### PICADINHO E PASSO DAS TROPAS



ARTICULAÇÃO DO MAPA  
EM FOLHAS 1:50.000

SANTA MARIA MI-2965/1	CAMOBÍ MI-2965/2
SANGA DA LARANJEIRA MI-2965/3	ARROIO DO SO MI-2965/4



ESCALA GRÁFICA

0 1 2 3 4 Km

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR



53° 58'

53° 47'

53° 43'

-29° 40'

-29° 45'

-29° 40'

-29° 45'

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO DO RS



Sub-bacia dos Arroios Picadinho e Passo das Tropas

53° 58'

53° 55'

53° 47'

53° 43'

COLUNA ESTRATIGRÁFICA

ERA	FORMAÇÃO	LEGENDA	LITOLOGIAS
CENÓZOICA	QUATERNÁRIA	ALUVIOES	Cascalhos, areias, siltes e argilas fluviais
	TERRACOS	FLUVIAIS	Conglomerados, arenitos médios argilosos com estratificação cruzada e planar e siltitos arenosos de cores cinza-clara, rosa e amarela, de ambiente fluvial
MESOZOICA	CRETÁCEO	SUÍTA GERAL	(Sequência superior) - Rochas vulcânicas ácidas : riolitos granofíricos de cor cinza clara a média e vitrofíros de cor preta ou castanha subordinados, com disjunção tabular dominante
			(Sequência inferior) - Rochas vulcânicas básicas : basaltos e andesitos taleíticos de cor cinza-escura, com intercalações de arenito eólico
	CRETÁCEO JURÁSSICO	BOQUEATU	Arenitos médios a finos, de cor rosa, com estratificação cruzada cuneiforme de grande porte de ambiente eólico
	CRETÁCEO TRIASSICO	CAÇERES	Arenitos médios e finos róseos, com estratificação cruzada acanalada e planar, intercalados com siltitos vermelhos, de ambiente fluvial. Troncos vegetais fósseis silicificados
CÁMBRIA	SANTA MARIA	MEMBRO ALEMOA	Siltitos argilosos maciços, de cor vermelha, com níveis esbranquiçados de concreções calcáreas. Ambiente de sedimentação controvertido (lacustre ou loess)
		MEMBRO PASSO DAS TROPAS	Arenitos feldspáticos grosseiros, com estratificação cruzada acanalada na base, seguidos de siltitos arenosos roxo-avermelhados de ambiente fluvial, além de arenitos finos e siltitos laminados, de cor rosa a lilás, de ambiente fluvio-lacustre. Impressões de restos da flora dicroidium
	RODRIGUES	DO SO	Arenitos finos micáceos, bem consolidados, de cor rosa a vermelha na base, passando a amarela-acinzentada e lilás em direção ao topo, com estratificação cruzada acanalada e planar de origem fluvial

MAPA DE GEOLOGIA

ARTICULAÇÃO DO MAPA EM FOLHAS 1:50.000

SANTA MARIA MI-2965/1	CAMOBI MI-2965/2
SANGA DA LARANJEIRA MI-2965/3	ARROIO DO SO MI-2965/4

ESCALA GRÁFICA



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Digitalização e Edição : Adriano S. Figueiro

Fonte : Adaptado de GASPARETTO et al. (1988)



53° 58'

53° 47'

53° 43'

## MAPA DE

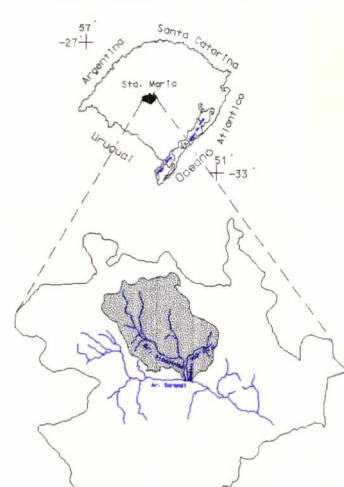
## FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SOLOS

-29° 40'

-29° 40'

-29° 45'

-29° 45'

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO  
ESTADO DO RS

Sub-bacia dos Arroios Picadinho e Passo das Tropas

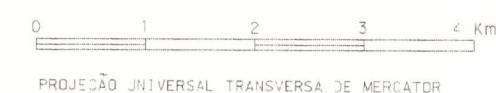
## CLASSES DE FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SOLOS

-  Depósitos fluviais recentes. Areias, argilas e seixos. Gleí pouco húmida ou planossolo. Unidade Vaccaf.
-  Terraços fluviais. Solo podzólico vermelho-amarelo. Unidade São Pedro.
-  Depósitos coluviais. Solos jovens com horizonte A ou B incipiente.
-  Litossolo e/ou afloramento de rocha. Arenito, basalto, riolito. Solos litólicos. Unidade Charrua em áreas de basalto.
-  Solo residual de vulcânicos ácidos da Serra Geral. Saprolito argiloso-silteico com fragmentos semi-alterados. Solo Brunizem avermelhada (Unidade Crivado), associada aos litólicos ou terra roxa estruturada da Unidade Júlio de Castilhos.
-  Solo residual de vulcânicos básicos da Serra Geral. Saprolito argiloso com fragmentos semi-terçados. Solo terra roxa estruturada.
-  Solo residual do arenito Botucatu. Solo vermelho-escuro abruptivo de textura arenosa/argilosa. Unidade São Pedro.
-  Solo residual da Formação Caturnita. Facies silteico-argilosa: solo podzólico Bruno acizentado. Unidade Santa Maria. Facies arenosa: solo podzólico vermelho-escuro ou vermelho-amarelo. Unidade São Pedro.
-  Solo podzólico Bruno acizentado. Agregados silteico-argilosos. Unidade Santa Maria.
-  Solo podzólico vermelho-amarelo. Textura crenosa/argilosa. Unidade São Pedro.
-  Solo podzólico Bruno acizentado com agregados ceno-silteicos.

ARTICULAÇÃO DO MAPA  
EM FOLHAS 1:50.000

SANTA MARIA MI-2965/1	CAMBOI MI-2965/2
SANGA DA LARANJEIRA MI-2965/3	ARROIO DO SÓ MI-2965/4

ESCALA GRÁFICA



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

53° 58'

53° 55'

53° 47'

53° 43'



# MAPA DE GEOMORFOLOGIA

## UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

- Patamares escarpados
- Rebordo do Planalto
- Morros Testemunho
- Coxilhas
- Depressão Central
- Planícies aluviais

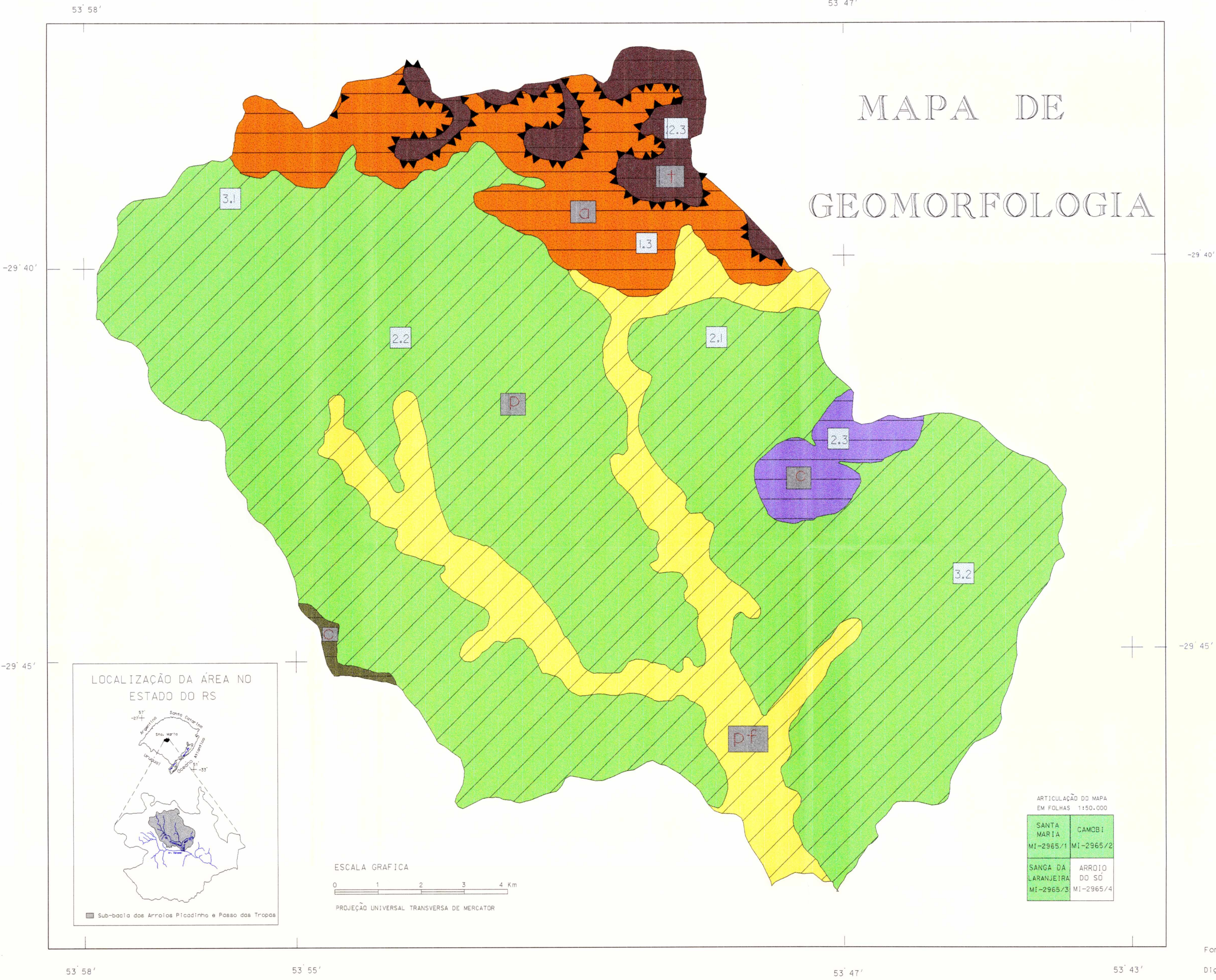
## SIMBOLOGIA :

- ▲▲ - Escarpa
- ▨ - Relevo com predomínio do processo de acumulação
- ▤ - Relevo com predomínio do processo de denudação
- pf - Planície fluvial
- p - Relevo com forma aplanada
- c - Relevo com forma convexa
- a - Relevo com formas aguçadas
- † - Relevo com formas tabulares

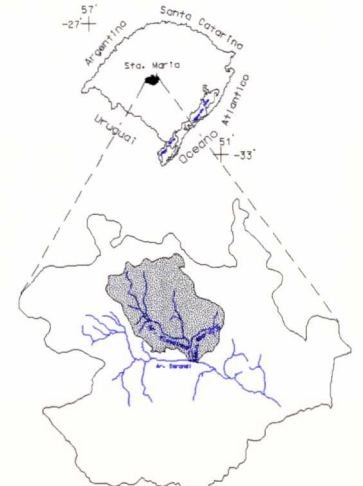
## distância interfluvial média

intensidade de disse- cação do relevo	(1)	(2)	(3)
	< 250 m	250-750 m	> 750 m
fraca (1)	1.1	2.1	3.1
média (2)	1.2	2.2	3.2
forte (3)	1.3	2.3	3.3

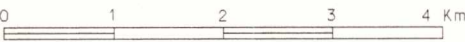
Fonte : adaptado do Esboço Geomorfológico do município de Santa Maria, produzido por PEREIRA et al (1985)  
Digitalização e Edição : Adriano S. Figueiró



## LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO DO RS



## ESCALA GRAFICA

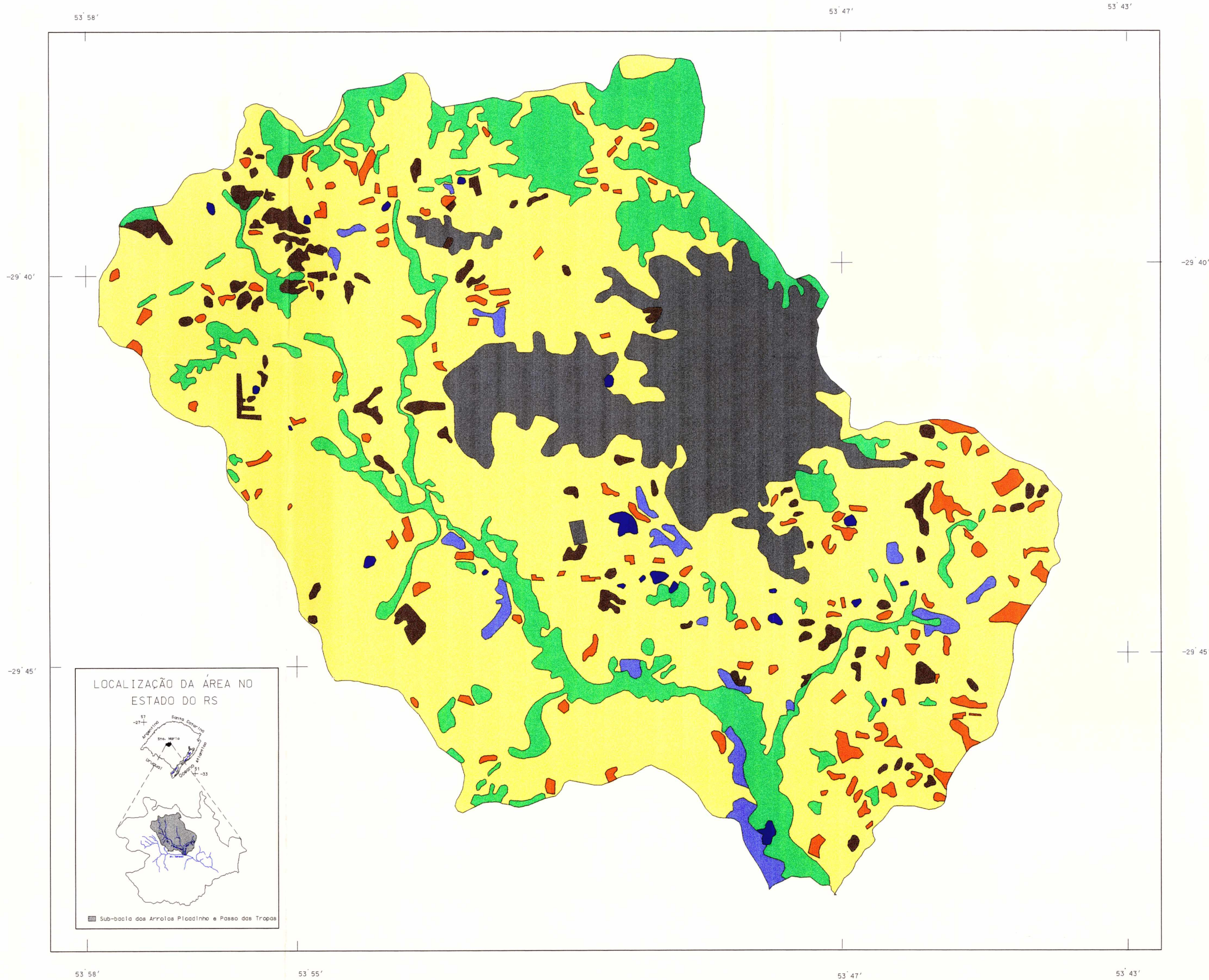


PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

## ARTICULAÇÃO DO MAPA EM FOLHAS 1:50.000

SANTA MARIA MI-2965/1	CAMOBI MI-2965/2
SANGA DA LARANJEIRA MI-2965/3	ARROIO DO SÓ MI-2965/4





CLASSES DE USO DO SOLO

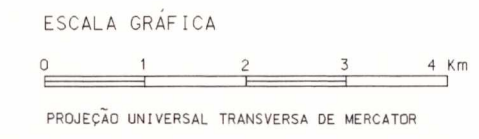
- Área urbana
- Vegetação nativa de porte arbóreo
- Campos
- Agricultura em terreno seco
- Agricultura irrigada
- Reflorestamento
- Superfície de água

MAPA DE USO DO SOLO



ARTICULAÇÃO DO MAPA  
EM FOLHAS 1:50.000

SANTA MARIA MI-2965/1	CAMOBÍ MI-2965/2
SANGA DA LARANJEIRA MI-2965/3	ARROIO DO SO MI-2965/4



Elaboração e Digitalização : Adriano S. Figueira



### Anexo 7 : Ordem de cruzamento dos mapas temáticos e respectivas classes

CRUZAMENTO 1 → Solos x Geologia

CRUZAMENTO 2 → Geomorfologia x cruzamento 1 reclassificado

CRUZAMENTO 3 → Cruzamento 2 reclassificado x Declividades

CRUZAMENTO 4 → Cruzamento 2 reclassificado x Uso do solo

CRUZAMENTO 5 → Cruzamento 3 x Uso do solo

### MAPAS TEMÁTICOS :

CLASSE	DESCRIÇÃO DAS CLASSES DO MAPA DE SOLO RECLASSIFICADO
1	Glei ou Planossolo
2	Podzólico vermelho - amarelo
3	Depósitos coluviais
4	Litossolo
5	Terra roxa estruturada
6	Podzólico bruno - acizentado

CLASSE	DESCRIÇÃO DAS CLASSES DO MAPA DE GEOLOGIA RECLASSIFICADO
1	Aluviões
2	Arenitos fluviais
3	Siltitos
4	Arenito eólico
5	Rochas vulcânicas

CLASSE	DESCRIÇÃO DAS CLASSES DO MAPA DE GEOMORFOLOGIA
1	Ausente
2	Ausente
3	Planícies aluviais
4	Depressão Central
5	Morro testemunha
6	Coxilhas
7	Rebordo do Planalto
8	Patamares escarpados

CLASSE	DESCRIÇÃO DAS CLASSES DO MAPA DE USO DO SOLO
1	Campo
2	Área urbana
3	Vegetação arbórea
4	Culturas irrigadas
5	Reflorestamento
6	Culturas de terreno seco
7	Superfície de água

CLASSE	DESCRIÇÃO DAS CLASSES DO MAPA DE DECLIVIDADES
1	< 5 %
2	5 - 12 %
3	12 - 30 %
4	30 - 47 %
5	> 47 %

**Anexo 8 : Classes originadas a partir dos cruzamentos**

MAPA CLASSE	CRUZAMENTO 1	CRUZAMENTO 2	CRUZAMENTO 3	CRUZAMENTO 4
1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
2	2 / 0	1 / 0	1 / 0	1 / 0
3	3 / 0	3 / 0	2 / 0	3 / 0
4	4 / 0	4 / 0	3 / 0	4 / 0
5	5 / 0	5 / 0	4 / 0	5 / 0
6	0 / 1	6 / 0	5 / 0	6 / 0
7	1 / 1	7 / 0	6 / 0	7 / 0
8	2 / 1	8 / 0	7 / 0	0 / 1
9	3 / 1	0 / 1	0 / 1	1 / 1
10	0 / 2	1 / 1	1 / 1	3 / 1
11	1 / 2	3 / 1	2 / 1	4 / 1
12	2 / 2	4 / 1	3 / 1	5 / 1
13	3 / 2	5 / 1	4 / 1	6 / 1
14	2 / 3	0 / 2	5 / 1	7 / 1
15	3 / 3	3 / 2	6 / 1	1 / 2
16	4 / 3	4 / 2	7 / 1	3 / 2
17	5 / 3	5 / 2	0 / 2	4 / 2
18	0 / 4	6 / 2	1 / 2	6 / 2
19	2 / 4	7 / 2	2 / 2	7 / 2
20	4 / 4	8 / 2	3 / 2	0 / 3
21	5 / 4	7 / 3	4 / 2	1 / 3
22	0 / 5	8 / 3	5 / 2	3 / 3
23	2 / 5	0 / 4	6 / 2	4 / 3
24	3 / 5	3 / 4	7 / 2	5 / 3



25	4 / 5	4 / 4	0 / 3	6 / 3
26	5 / 5	5 / 4	1 / 3	7 / 3
27	0 / 6	7 / 4	2 / 3	0 / 4
28	1 / 6	8 / 4	3 / 3	1 / 6
29	2 / 6	0 / 5	4 / 3	6 / 4
30	3 / 6	1 / 5	5 / 3	0 / 5
31	4 / 6	3 / 5	6 / 3	1 / 5
32	5 / 6	4 / 5	7 / 3	3 / 5
33	-	5 / 5	1 / 4	4 / 5
34	-	6 / 5	2 / 4	5 / 5
35	-	7 / 5	3 / 4	6 / 5
36	-	8 / 5	4 / 4	7 / 5
37	-	-	5 / 4	0 / 6
38	-	-	6 / 4	1 / 6
39	-	-	7 / 4	3 / 6
40	-	-	0 / 5	4 / 6
41	-	-	1 / 5	5 / 6
42	-	-	2 / 5	6 / 6
43	-	-	3 / 5	7 / 6
44	-	-	4 / 5	1 / 7
45	-	-	5 / 5	6 / 7
46	-	-	6 / 5	1 / 8
47	-	-	7 / 5	6 / 8

...continuação do anexo 8

**Anexo 9 : Quadro de reclassificação do Cruzamento 1**

VALOR ASSUMIDO	CLASSE ORIGINAL
0	1
0	2
0	3
0	4
0	5
0	6
0	10
0	18
0	22
0	27
1	7
1	8
1	9
1	28
2	11
2	12
2	13
3	19
3	20
3	21
4	23
4	26
5	14
5	15

5	16
5	17
5	24
5	25
5	29
5	30
5	31
5	32

... Continuação do anexo 9

**Anexo 10 : Quadro de reclassificação do Cruzamento 2**

VALOR ASSUMIDO	CLASSE ORIGINAL
0	1
0	2
0	3
0	4
0	5
0	6
0	7
0	8
0	9
0	14
0	23
0	29
1	10
1	11
1	12
1	15
1	24
1	30
1	31
2	ausente
3	20
3	21
3	22
4	13

4	25
4	26
4	33
5	28
5	36
6	16
6	17
6	18
6	19
6	32
6	34
7	27
7	35

... continuação do anexo 10

**Anexo 11 : Quadro de reclassificação do Cruzamento 3**

VALOR ASSUMIDO	CLASSE ORIGINAL
0	1
0	2
0	3
0	4
0	5
0	6
0	7
0	8
0	9
0	17
0	25
0	40
1	10
2	18
2	26
3	19
3	23
4	11
4	15
5	27
5	31
6	16
6	24
7	32

8	20
8	28
8	33
8	34
8	35
8	39
8	41
8	42
8	43
8	46
8	47
9	22
9	30
9	37
9	38
9	45
10	12
10	14
11	21
12	29
13	13
13	36
13	44

... continuação do anexo 11

**Anexo 12 : Quadro de reclassificação do Cruzamento 4**

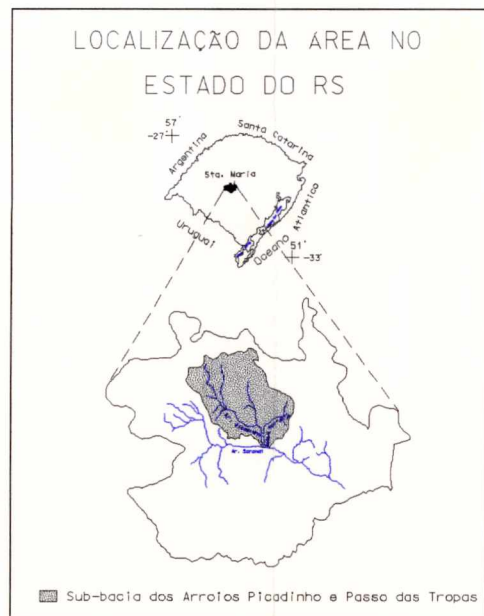
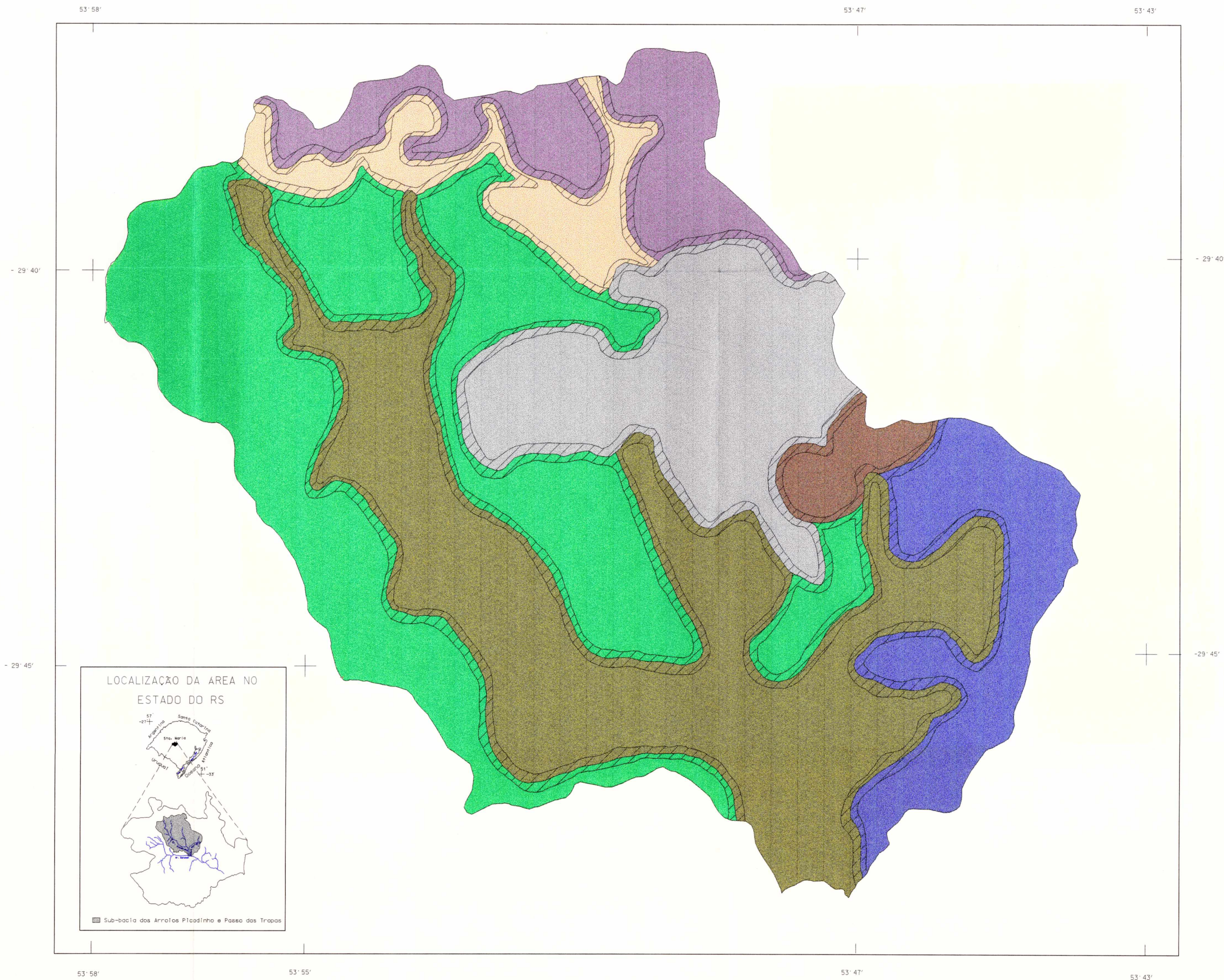
VALOR ASSUMIDO	CLASSE ANTERIOR
0	1
0	2
0	3
0	4
0	5
0	6
0	7
0	8
0	20
0	27
0	30
0	37
1	9
1	21
1	25
1	28
1	31
1	38
1	44
1	46
2	13
2	29
2	35
2	41



2	42
2	43
2	45
2	47
3	11
3	17
3	23
3	33
3	40
4	15
4	16
4	18
4	19
5	14
5	34
5	36
6	10
6	12
6	22
6	24
6	26
6	32
6	39

... continuação do anexo 12

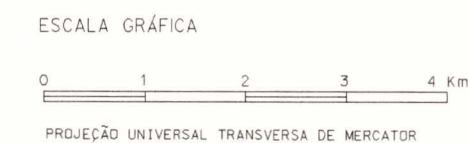




## MAPA DE UNIDADES AMBIENTAIS

ARTICULAÇÃO DO MAPA  
EM FOLHAS 1:50.000

SANTA MARIA MI-2965/1	CAMOBI MI-2965/2
SANGA DA LARANJEIRA MI-2965/3	ARROIO DO SÓ MI-2965/4





## **ANEXO 15 - Metodologia de elaboração das pirâmides de vegetação**

Tal como já se colocou no corpo do texto, o presente estudo desenvolveu-se com base na metodologia proposta por PASSOS e UGIDOS (1996). A principal vantagem na utilização de tal metodologia é a possibilidade de estudar algumas características da Formação Vegetal em questão sem, no entanto, precisar lançar mão de um exaustivo conhecimento taxionômico ou fitosociológico. Neste sentido, os principais atributos analisados referem-se à taxa de cobertura do solo, à proporção entre os estratos, às formas de agrupamento e ao sentido da dinâmica de cada estrato (progressiva, regressiva ou em equilíbrio).

Coletados os dados, os mesmos são representados sobre a forma de uma pirâmide, onde os estratos são superpostos na ordem em que efetivamente aparecem.

Segundo PASSOS e UGIDOS (1996), a escolha do lote a ser demarcado para a análise deve representar "(...) o estado médio da formação vegetal, objeto de estudo" (p.10). Neste sentido, procura-se fazer com que a pirâmide seja efetivamente representativa das características vegetais da região na qual se insere.

Em linhas gerais, a metodologia para elaboração das pirâmides de vegetação segue os seguintes passos :

1º - Escolha do lote a ser estudado;

2º - demarcação do lote sobre o terreno. Foi delimitada, para cada lote, uma área circular com raio igual a 10 metros;

3º - preenchimento, em campo, dos dados constantes na ficha biogeográfica (Anexos 15 e 16). Tal ficha consta, basicamente, de duas partes independentes. Na primeira parte da ficha, foram feitas anotações referentes às características dos estratos vegetais<sup>1</sup> encontrados, juntamente com as principais espécies vegetais que os constituem. Na segunda parte da ficha, foram registradas algumas informações do local aonde se encontra o lote, bem como, da dinâmica de conjunto da vegetação.

---

<sup>1</sup> Enquanto o conceito de sociabilidade representa a forma como os indivíduos das diferentes espécies vegetais se dispõem horizontalmente, uns em relação aos outros, a estratificação representa a organização destes indivíduos no plano vertical. A definição dos limites de cada estrato, no entanto, varia de acordo com as características de cada Formação Vegetal. Assim, para o presente trabalho, adotou-se a seguinte classificação : Estrato arbóreo : acima de 3 m; Estrato arbustivo : de 1,5 a 3 m; Estrato subarbustivo : de 0,5 a 1,5 m; Estrato herbáceo : de 0 a 0,5 m.

Na ficha, as principais características registradas, para cada espécie e/ou estrato, referem-se à Abundância / Dominância e Sociabilidade. A *abundância* refere-se à quantidade total de indivíduos (por espécie ou por estrato, conforme se esteja considerando) encontrados, enquanto que a *dominância* refere-se à superfície coberta por estes indivíduos, tendo por base a projeção de suas copas. PASSOS e UGIDOS (1996) apresentam uma classificação em que os conceitos de abundância e dominância são sistematizados em seis classes distintas :

- 5 - cobrindo entre 75 % e 100 % do lote
- 4 - cobrindo entre 50 % e 75 % do lote
- 3 - cobrindo entre 25 % e 50 % do lote
- 2 - cobrindo entre 10 % e 25 % do lote
- 1 - planta abundante, porém com valor de cobertura baixo, não superando 10 % do lote
- + - alguns raros exemplares.

A variável *sociabilidade*, como já se comentou, representa a maneira como os indivíduos das espécies vegetais se agrupam entre si, no plano horizontal. Por representar as diferentes formas de agrupamento que aparecem no interior do lote, tal conceito não tem sentido quando relacionado a todo o conjunto do estrato e, portanto, aparece empregado somente às espécies vegetais. BERTRAND (1966), utilizando-se de uma escala estabelecida por Braun-Blanquet apresenta as seguintes classes, que aparecem reproduzidas por PASSOS e UGIDOS (1996, p.11) :

- 5 - população contínua; manchas densas;
- 4 - crescimento em pequenas colônias; manchas densas pouco extensas;
- 3 - crescimento em grupos;
- 2 - agrupados em 2 ou 3;
- 1 - indivíduos isolados;
- + - planta rara ou isolada.

Somado a isso, verificou-se a dinâmica de cada estrato, classificando-a em progressiva (  $\leftarrow \rightarrow$  ), regressiva (  $\rightarrow \leftarrow$  ) ou em equilíbrio ( = ). A dinâmica progressiva indica um aumento da taxa de cobertura de um estrato. Já a dinâmica regressiva, indica uma diminuição da área ocupada pelo estrato, independente das causas que estejam motivando tal redução. Quando não se observa sinais claros de progressão ou

regressão de um determinado estrato, o mesmo é classificado como estando em equilíbrio.

4º - Uma quarta etapa, corresponde a elaboração das pirâmides propriamente ditas. Para cada pirâmide, foi traçado um segmento de reta de 10 cm de comprimento no plano horizontal. No centro do segmento de reta, ergueu-se uma perpendicular, onde foram traçados os estratos, simetricamente em relação ao eixo. O comprimento de cada estrato refere-se ao grau atribuído ao estrato quanto à abundância-dominância (1=1cm; 2=2cm,...), enquanto que a espessura de cada estrato é determinada, segundo PASSOS e UGIDOS (1996), arbitrariamente. Dessa forma, atribuiu-se, para o estrato herbáceo, 0,5 cm; para os estratos arbustivo e subarbustivo, 1cm; para o estrato arbóreo, 2cm.

Para cada estrato vegetal associou-se uma legenda com a representação da classe de sociabilidade a ele atribuída, enquanto que na base dos gráficos foram transpostas outras informações coletadas em campo, como inclinação da vertente, solo (características simplificadas) e dinâmica dos estratos (com setas ao lado de cada estrato, indicando o sentido da evolução).

# **ANEXO 16 - Ficha biogeográfica do lote 1**

<b>LOTE n.º 1 - Floresta Estacional Decidual Submontana</b> <b>Localização :</b> Vertente sul da Escarpa da Serra Geral, município de Santa Maria - 2 Km a oeste da estrada principal da Caturrita, distando aproximadamente 8 Km da cidade. Propriedade do sr. Antônio F. Teixeira. <b>Data :</b> 26/2/97					
Espécies por Estratos	Nº de indiv.	Altura(m) aprox.	Espécies		Estrato
			A/D	S	A/D
<b>ARBÓREO :</b> - Grápia / <i>Apuleia leiocarpa</i> - Canela-merda / <i>Nectandra magapotamica</i> - Açóite-cavalo / <i>Luehea divaricata</i> - Timbaúva / <i>Enterolobium contortisiliquum</i> - Angico / <i>Paraptadenia rigida</i> - Canafístula / <i>Peltophorum dubium</i>	1 2  4 1 1 3	10 5 5 12 8 15	+ + + + + 2	1 1 1 1 1 2	   4 ← →  
<b>ARBUSTIVO :</b> - Laranjeira-do-mato <i>Actinostemon concolor</i>	2	2,5	+	2	3 =
<b>SUBARBUSTIVO :</b> - Fumo-bravo / <i>Solanum erianthum</i>	8	1	1	4	3 → ←
<b>HERBÁCEO :</b>					5 → ←
<b>OBSERVAÇÕES :</b> Altitude : 192 m      Inclinação do terreno : < 5% Solo : o lote se encontra sobre um solo podzólico bruno-acinzentado da Unidade Santa Maria. Textura siltico-argilosa, com pouca suscetibilidade à erosão, devido a baixa declividade. Dinâmica de conjunto : A área apresenta-se bastante alterada, porém em fase de regeneração. Uma porção do lote apresenta um aspecto de capoeira, com predomínio de fumo-bravo. O estrato arbóreo apresenta rápida recuperação, a julgar pelo elevado número de indivíduos jovens, representantes dos estratos superiores.					

## ANEXO 17- Ficha biogeográfica do lote 2

**LOTE n.º 2 - Floresta Estacional Decidual Aluvial**

**Localização :** Próximo à confluência dos arroios Lenhador e Picadinho. Município de Santa Maria - 6 Km da cidade. Propriedade do sr. Luis Carlos B. Rodrigues. Acesso pela estrada da colônia Pedro Stoch.

**Data :** 28/2/97

Espécies por Estratos	Nº de indiv.	Altura(m) aprox.	Espécies		Estrato A/D
			A/D	S	
<b>ARBÓREO :</b>					
- Guajuvira / <i>Patagonula americana</i>	5	17	3	1	5 =
- Açoita-cavalo / <i>Luehea divaricata</i>	6	9	3	1	
- Angico / <i>Paraptadenia rigida</i>	8	15	3	2	
<b>ARBUSTIVO :</b>					
- Taquaruçu / <i>Bambusa trinii</i> <i>Actinostemon concolor</i>	50	3	1	4	2 → ←
<b>SUBARBUSTIVO :</b>					
<b>HERBÁCEO :</b>					
- Gramma -forquilha / <i>Paspalum notatum</i>			3	4	3 =

**OBSERVAÇÕES :**

Altitude : 72 m      Inclinação do terreno : entre 6 e 7%

Solo : O lote apresenta um solo do tipo Glei, localizando-se sobre uma área de depósitos aluvionares. Em alguns pontos do lote foi identificada uma camada superficial de até 50 cm de sedimentos fluviais.

Dinâmica de conjunto : Os estratos parecem apresentar uma fase de equilíbrio, com destaque para o estrato subarbustivo, que não possui representantes expressivos. O processo erosivo, favorecido pela inclinação da vertente, é freado pela presença do Taquaruçu, implantado no local com este objetivo.